

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

**Návrh uložení posuvných válečků pro ocelárnu
ArcelorMittal Ostrava a.s.**

**Proposal of Sliding rollers Fitting for Steelmarker
ArcelorMittal Ostrava a.s.**

Student:

Bc. Lukáš Vrána

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petruš, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Vrána**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie

Specializace: 20 Strojírenská technologie

Téma: **Návrh uložení posuvných válečků pro ocelárnu ArcelorMittal Ostrava a.s.**
Proposal of Sliding Rollers Fitting for Steelmaker ArcelorMittal Ostrava a.s.

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Analýza stávajícího stavu uložení posuvných válečků.
2. Návrh nového řešení uložení posuvných válečků.
3. Technologický postup výroby a zhotovení funkčního vzorku.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěrečné zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 251. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.**


Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16. 5. 2016

A handwritten signature in blue ink, reading "Vojtěch Hrbáč", written over a horizontal dotted line.

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o klasifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 16. 5. 2016



podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Lukáš Vrána

Adresa trvalého pobytu autora práce: Stará Ves nad Ondřejnicí, Brušperská 657, 739 23

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

VRÁNA, L. *Návrh uložení posuvných válečků pro ocelárnu ArcelorMittal Ostrava a.s.: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2016, 60 str. Vedoucí práce: Petrů, J.

Práce se zabývá návrhem uložení posuvných válečků pro ocelárnu firmy ArcelorMittal Ostrava a.s. Cílem této diplomové práce je navrhnout, zkonstruovat včetně výrobních výkresů a vyrobit funkční vzorek bočního uložení stávajících posuvných válečků pro kontinuální lití firmy ArcelorMittal Ostrava a.s., který bude celkově jednodušší než stávající řešení a bude splňovat minimálně stejné parametry z hlediska životnosti daného zařízení. Tato diplomová práce může být využita firmou Marta Vránová v jejím marketingovém plánu pro získání zakázky při předpokládaném požadavku na změnu uložení posuvných válečků firmou ArcelorMittal Ostrava a.s.

ANOTATION OF MASTER THESIS

VRÁNA, L. *Proposal of Sliding Rollers Fitting for Steelmaker ArcelorMittal Ostrava a.s.: Master thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2016, 60 str. Thesis head: Petrů, J.

The paper deals with a project of feed roller placing for the steelworks ArcelorMittal Ostrava a.s. The goal of the thesis is to design, construct - including manufacturing drawings, and produce a functional sample of existing feed roller side placing for ArcelorMittal Ostrava a.s. continuous casting, which will be generally simpler than existing solution and will comply with at least the same attributes from the life span of the device point of view. This thesis can be used by Marta Vránová company in its marketing plan to win the contract on the anticipated demand for feed roller placing change by ArcelorMittal Ostrava a.s.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí své diplomové práce doc. Ing. et Ing. Mgr. Janě Petřů, Ph.D. za cenné rady a odbornou pomoc při jejím vypracování. Dále chci poděkovat svému konzultantovi Ing. Milanu Vránovi za cenné rady a připomínky při zpracovávání diplomové práce. A také firmě Marta Vránová za možnost zhotovení funkčního vzorku podávacího válečku.

OBSAH

Seznam použitých značek, symbolů a jejich jednotky	9
ÚVOD.....	11
1 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU ULOŽENÍ POSUVNÝCH VÁLEČKŮ	13
2 NÁVRH NOVÉHO ULOŽENÍ POSUVNÝCH VÁLEČKŮ	17
2.1 Vstupní informace a jejich zdroje	17
2.2 Návrh nového způsobu uložení.....	20
2.2.1 Návrh spirálového ložiska	21
2.2.2 Návrh bočnice	26
2.2.3 Návrh vzorového válečku	28
2.2.4 Návrh těsnících kroužků ložiska	29
2.2.5 Návrh ostatních komponentů válečku	31
2.2.6 Návrh přípravků pro montáž spirálových kroužků ložisek	32
2.3 Pevnostní kontrola podávacího válečku	34
3 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY A ZHOTOVENÍ FUNKČNÍHO VZORKU.....	38
3.1 Technologický postup výroby ložiska	39
3.2 Technologický postup výroby bočnice	43
3.3 Technologický postup výroby těsnících kroužků	44
3.4 Technologický postup výroby konců hřídele.....	47

3.5	Postup montáže jednotlivých komponentů	49
4	TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	52
4.1	Technické zhodnocení	52
4.2	Ekonomické zhodnocení.....	53
	ZAVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ.....	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM PŘÍLOH.....	59

Seznam použitých značek, symbolů a jejich jednotky

Symbol	Popis	Jednotka
C	Šířku plechu pro spirálová ložiska	[mm]
D_k	Průměr těsnících kroužků	[mm]
D_{k1}	Průměr osazení	[mm]
D_1	Velký průměr vnitřního kroužku spirálového ložiska	[mm]
D_2	Velký průměr vnějšího kroužku spirálového ložiska	[mm]
D_3	Celková šířka těsnících kroužků	[mm]
F	Síla deformující těleso	[N]
G	Hmotnost nejtěžšího kontislitku	[kg/m]
H	Šířka bočnice	[mm]
H_1	Šířka mezi bočnicemi	[mm]
L	Šířka ložiska	[mm]
L_t	Délka vymezující vzdálenost pro uložení na rám	[mm]
L_r	Vzdálenost upínacích závitu v bočnici	[mm]
L_v	Výška osy ložiska (válečku) od rámu	[mm]
a_p	Hloubka třísky	[mm]
d_b	Průměr díry upínacího závitu pro uchycení na rám	[mm]
d_k	Průměr otvorů pro konce válečku	[mm]
d_1	Malý průměr vnitřního kroužku spirálového ložiska	[mm]
d_{1h}	Nejmenší průměr výpočtového hřídele	[m]
d_2	Malý průměr vnějšího kroužku spirálového ložiska	[mm]
d_{2h}	Největší průměr výpočtového hřídele	[m]
d_3	Průměr valivého tělíska	[mm]
d_4	Průměr osového otvoru ve valivých těliscích	[mm]
f_z	Posuv na zub	[mm]
g	Zemská přitažlivost	[N]
i	Počet třísek	[mm]
k	Počet valivých ložisek	[mm]

n	Otáčky stroje	$[\text{min}^{-1}]$
t_k	Teplota kontislitku	$[^{\circ}\text{C}]$
t_s	Strojní čas	$[\text{s}]$
t	Tloušťka plechu malého i velkého kroužku spirálového ložiska	$[\text{mm}]$
t_1	Tloušťka plechu malého i velkého kroužku spirálového ložiska	$[\text{mm}]$
v	Vůle mezi kroužky a valivými tělisky spirálového ložiska	$[\text{mm}]$
v_1	Rychlost posuvu kontislitku	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$
z	Výška kontislitku k rámu	$[\text{mm}]$
Π	Ludolfovo číslo	$[-]$
$W_{\text{omezikr.}}$	Modul průřezu v ohybu k ose x	$[\text{mm}^3]$
σ_o	Napětí při namáhání v ohybu	$[\text{MPa}]$
σ_{odov}	Dovolené napětí při namáhání v ohybu	$[\text{MPa}]$
τ_s	Napětí při namáhání ve střihu	$[\text{MPa}]$
τ_{sdov}	Dovolené napětí při namáhání ve střihu	$[\text{MPa}]$
M_{omax}	Maximální ohybový moment	$[\text{Nm}]$

ÚVOD

Firma, Marta Vránová (dále jen firma Vránová) je firma, zabývající se strojírenskou výrobou a to převážně náhradních dílů pro hutní průmysl. Podstatná část produkce těchto náhradních dílů je určena pro podnik ArcelorMittal Ostrava a.s. Firma Vránová se zabývá jak technickou činností, jako je příprava podkladů pro výrobu, včetně konstrukčních prací, tak výrobou strojírenských součástí obráběním a případně také jejich montáží do výrobních celků.

Jedním z úkolů, který si firma Vránová stanovila pro rok 2016, je připravit nový funkční vzorek (včetně výkresové dokumentace) jiného způsobu uložení posuvných válečků, než je současný a v ocelárně podniku ArcelorMittal Ostrava a.s. v současné době využívaný.

Od roku 2013 je ve výše zmíněné ocelárně zaveden nový rozměrový sortiment kontinuálního lití oceli a dodavatel technologie, švýcarská firma SMS Concast AG, zvolil pro posuv výrobků speciální systém válečků, které mají vodou chlazené uložení ložisek.

Tato technologie má technicky složitou konstrukci, vyžadující precizní výrobu vlastního uložení válečků v ložiscích a také klade vysoké nároky na obsluhu potažmo údržbu. Firma Vránová tyto válečky nebo jejich jednotlivé komponenty jako náhradní díly od roku 2014 vyrábí a dodává. Zároveň však má informace, že podnik ArcelorMittal Ostrava a.s. zvažuje, jestli po ukončení záručních podmínek výše zmíněné dodavatelské firmy SMS Concast AG, nezmění technologii posuvu výrobků. Na tuto případnou variantu chce firma Vránová být připravena a chce mít možnost nabídnout vlastní řešení problému, až tento požadavek nastane. Majitelé firmy Vránová se rozhodli připravit funkční vzorek vlastního uložení posuvných válečků, které nebude mít kapalinou chlazené ložiska tak jako stávající způsob uložení.

Nový způsob uložení musí splňovat minimálně tyto podmínky:

- možnost uložení do stávajícího rámu,
- nebude nutné jej chladit kapalinou,
- bude jednodušší na výrobu a tudíž levnější,
- jednodušší údržba a obsluha.

Cílem této diplomové práce je navrhnout, zkonstruovat včetně výrobních výkresů a vyrobit funkční vzorek bočního uložení stávajících posuvných válečků pro kontinuální lití podniku Arcelormittal Ostrava a.s., který bude celkově jednodušší než stávající řešení a bude splňovat minimálně stejné parametry z hlediska životnosti daného zařízení.

Prostředky, kterými se tohoto cíle dosáhne, jsou hlavně v ochotě a možnostech firmy Vránová, která má zájem, aby výsledek této diplomové práce byl použitelný v její obchodní strategii. Pro realizaci je k dispozici jak technické zázemí (výpočetní technika, archiv), tak možnost využít strojního vybavení firmy (obráběcí stroje, zámečnická dílna, sklad materiálu) a také určité finanční prostředky na nákup potřebného materiálu nebo náradí.

1 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU ULOŽENÍ POSUVNÝCH VÁLEČKŮ

Posuvné válečky jsou součástí ocelárny, provozu kontinuálního odlévání oceli v podniku ArcelorMittal Ostrava a.s. Jsou určeny k plynulému posunu chladnoucích ocelových profilů, takzvaných kontislitků, odcházejících z krystalizátoru směrem k dělicímu stroji, kde jsou nařezány na požadované délky. Válečky jsou umístěny a pracují v náročném prostředí, které se vyznačuje určitými specifiky hutního prostředí.

Specifika hutního provozu, ve kterém pracují posuvné válečky kontinuálního lité ocelových profilů v podniku Arcelormittal a.s. Ostrava jsou zejména:

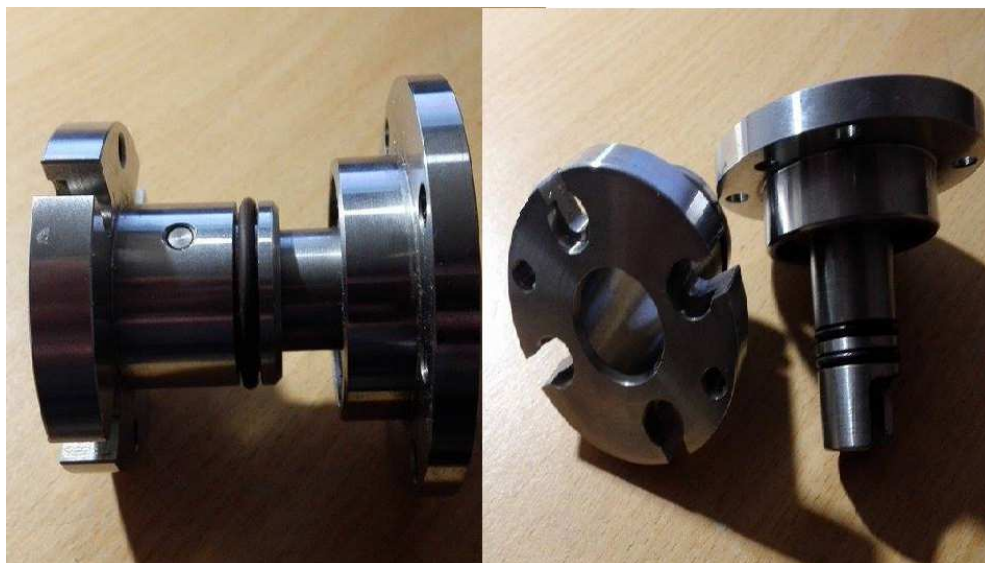
- extrémní zátěž vlastní hmotností takzvaných kontislitků,
- vysoká teplota zařízení od 350 °C níže,
- roztažnost součástí posuvných váleček vlivem vysokých teplot,
- nutnost snadné a rychlé výměny celých posuvných váleček za jiné na stávajícím rámu (ten bývá mnohdy opotřeбенý nebo částečně poškozený provozem),
- nutnost snadné a rychlé výměny jednotlivých částí podávacích váleček,
- prašnost, mající vliv na kvalitu mazání a životnost rotačních součástí.

Švýcarská firma SMS Concast AG zvolila způsob uložení podávacího válečku pomocí dvou valivých ložisek, která jsou nasazena na průměrově přizpůsobené konce válečku. Tyto ložiska jsou dále umístěny v ložiskových domcích tvořících současně bočnice podávacích váleček, které jsou pomocí šroubů namontovány na své místo v rámu podávacího zařízení kontinuálního lité ocelových profilů. Potud jde o běžné uložení rotujících součástí. Vzhledem k použití váleček ve specifickém hutním prostředí (viz výše), jsou používány dvouřadé soudečkové ložiska s označením 22213 E/c3va210.



Obrázek 1.1 Dvouřadé soudečkové ložisko 22215 E/c3va210 [1]

Tyto ložiska mají oproti klasickým ložiskům zvýšenou odolnost vůči teplému prostředí. Přesto je i toto málo a vlivem vysoké teploty by docházelo k zadření ložisek. Proto výrobce použil pro chlazení ložisek speciální ložiskové domky, kterými neustále proudí chladicí voda. Ta je přiváděna na jedné straně válečku do spodní části ložiskového domku, ve kterém jsou strojně zhotoveny vodící kanálky kolem ložiska. Tato voda je potom vedena přes provrtaný otvor v ose válečku na druhou stranu opět do ložiskového domku se stejnými kanálky. Zde ochlazuje druhé ložisko a ve spodní části ložiskového domku je zahřátá voda odváděna k ochlazení a případnému dalšímu použití. Aby nedocházelo k úniku vody při přechodech mezi pevně ustavenými ložiskovými domky a rotujícím válcem, jsou použity na obou koncích speciální rotační spojky (Obrázek 1.2). Tyto rotační spojky jsou nakupovaný díl původně ze zahraničí, nyní od české firmy „BSL“. Rotační spojky se používají běžně pro průchod kapaliny v dutých hřídelích, například pro vnitřní chlazení nástrojů v obráběcích strojích. V běžném prostředí se osvědčily, ovšem při použití u posuvných válečků v hutním prostředí dochází k brzkému opotřebení a skrz tyto rotační spojky začne unikat chladicí voda.



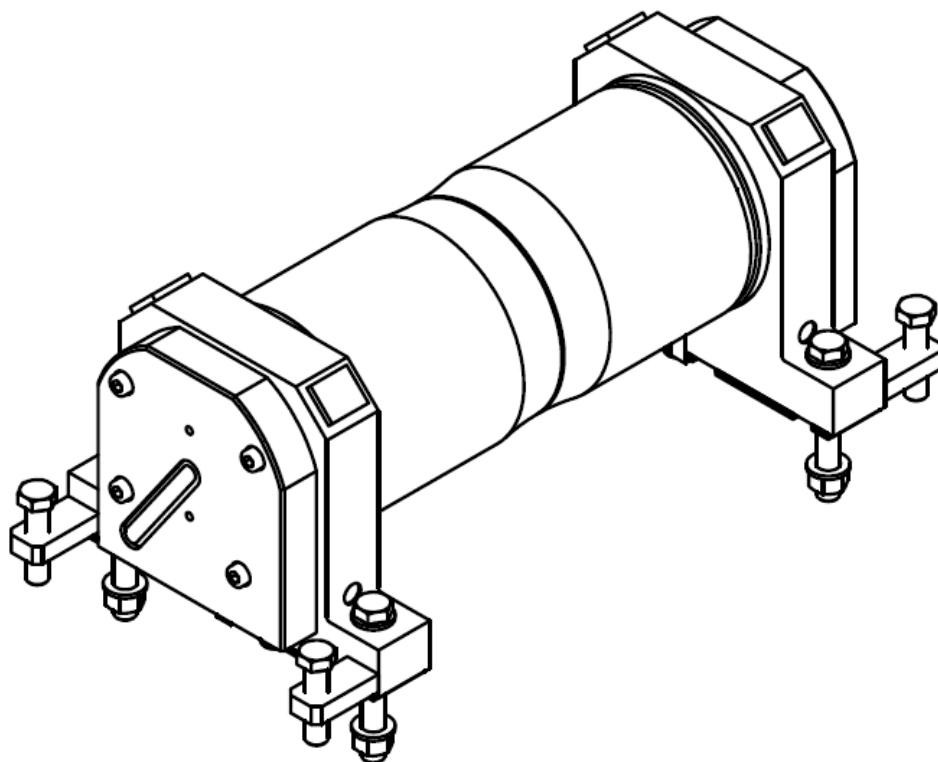
Obrázek 1.2 Rotační spojka původní konstrukce podávacích válců

Kromě toho, že jsou ložiska válečků chlazena vodou, jsou taky průběžně mazána stálým tlakovým přívodem maziva přes další kanálky v ložiskovém domku. Mazivo je mechanicky v předepsaných intervalech obsluhou zařízení tlačeno do tělesa ložiska.

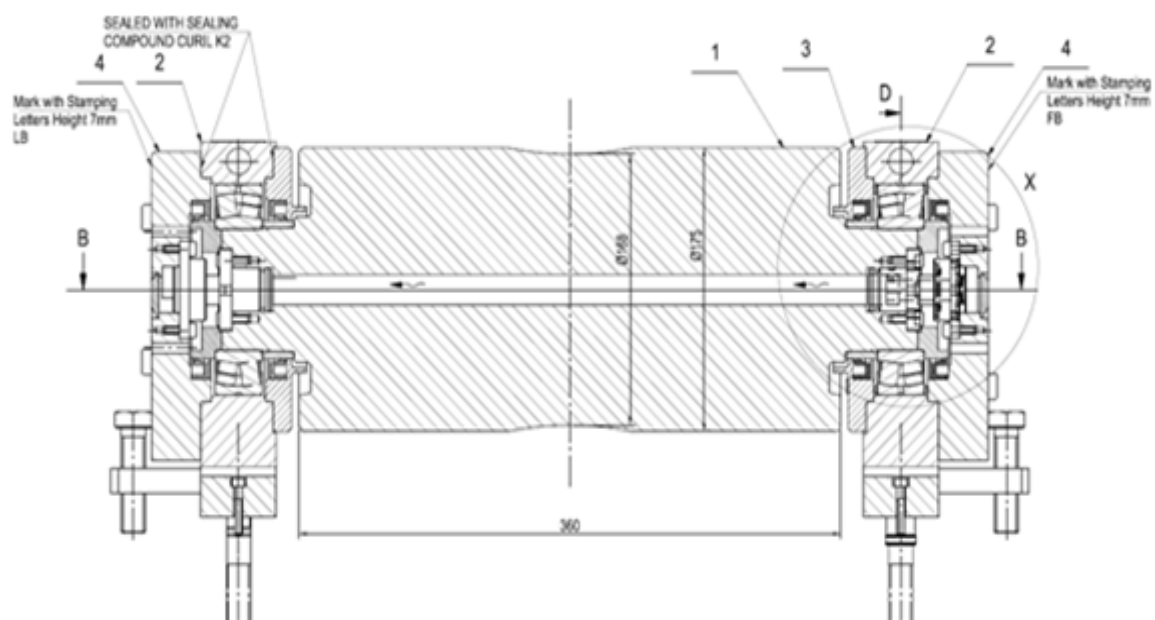
Toto řešení je velice precizní po stránce strojního zpracování a nebylo by mu mnoho co vytknout, pokud by pracovalo v jiných podmínkách, než výše popsanych podmínkách hutního provozu. Protože firma Vránová je dodavatelem náhradních válečků a jejich opotřeбенých součástí, ví o problémech, kterými toto řešení uložení posuvných válečků trpí a jaké závady se vyskytují nejvíce.

Nejčastěji se vyskytující závady:

- částečný únik chladicí vody,
- nadměrné opotřebení rotační spojky,
- větší přehřívání jednoho z ložisek (z důvodu ohřevu chladicí vody na jedné straně ložiskového domku a tím horšímu ochlazování ložiska na druhé straně ložiskového domku),
- složitá výměna jednotlivých kusu podávacích válečků,
- špatná údržba podávacích válečků.



Obrázek 1.3 3D model původní konstrukce podávacích válců



Obrázek 1.4 Řez původní konstrukce podávacích válců

2 NÁVRH NOVÉHO ULOŽENÍ POSUVNÝCH VÁLEČKŮ

2.1 Vstupní informace a jejich zdroje

Předpokladem pro navržení jiné konstrukce posuvných válečků, které mají splňovat zadání a kritéria stanovená v předchozích kapitolách této diplomové práce, bylo zajistit co nejvíce vstupních dat a informací k danému problému. Tedy informace o umístění posuvných válečků v technologickém celku, jejich funkčnosti, zatížení válečků posouvajícím se kontislitkem, pracovních teplotách a tak dále.

Při zajišťování, těchto informací byla umožněna prohlídka stávajícího zařízení na provozu podniku ArcelorMittal Ostrava a.s. a to při chodu zařízení, tak i při plánované opravě. Také byla možnost naskicovat a odměřit rozměry, které nebylo možné zjistit z dostupné dokumentace. Důležitým zdrojem informací byl archiv firmy Vránová, kde je k dispozici výkresová dokumentace stávajícího typu posuvných válečků. Rovněž byly nápomocny zkušenosti a rady Ing. Milana Vrány, který je konzultantem této diplomové práce a problematiku kontinuálního lití zná ze svého bývalého působení v podniku Nová Huť Ostrava (předchůdce ArcelorMittalu Ostrava a.s.). Důležité byly taky poznámky a zkušenosti z dosavadního provozu válečků, získané od obsluhy daného zařízení a zaměstnanců údržby.

Zjištěné vstupní informace o posuvných válečcích a charakteru jejich provozu:

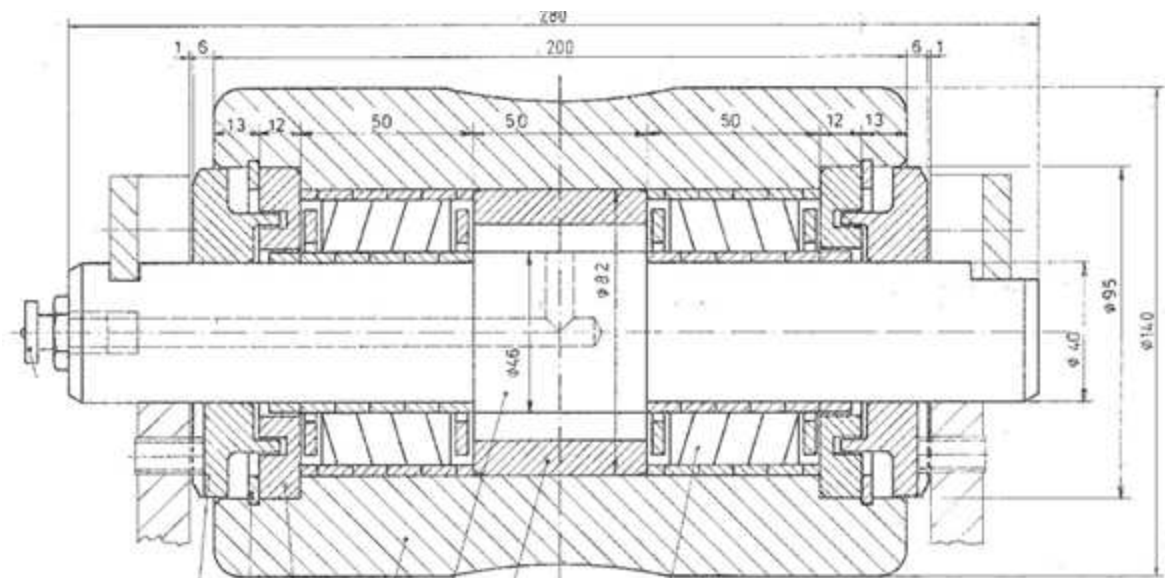
- nejvyšší hmotnost kontislitku:
 - nejtěžší je kontislitek o průměru 400 mm, z tohoto vychází hmotnost **$G = 985 \text{ kg}$ na jeden metr délky,**
- rychlost jakou se posouvají kontislitky po válečcích:
 - jedná se o stále stejnou rychlost pro celý sortiment odlévaných profilů kontislítků a to **$v_1 = 2,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$,**
- vzdálenosti upínacích závitů v rámu pro bočnice válečků:
 - naměřeno v provozu při odstávce zařízení: **$L_r = 240 \text{ mm}$,**
- šířka mezi bočnicemi všech typů posuvných válečku na rámu:

- při shodném měření jako v předchozím bodě naměřena osová vzdálenost protilehlých ložisek: **$H_1 = 440 \text{ mm}$** ,
- vzdálenost mezi jednotlivými válečky na rámu za sebou je vždy stejně velká:
 - **$K = 1000 \text{ mm}$** ,
- teplota posouvajících se kontislitků:
 - nelze přímo naměřit, vychází se z informací obsluhujícího technologa: při výstupu kontislitku z krystalizátoru dosahuje teplota cca $380 \text{ }^{\circ}\text{C}$, nad prvním posuvným válečkem je teplota cca **$t_k = 350 \text{ }^{\circ}\text{C}$** a u dalších válečků v pořadí mírně chladne,
- vstup a výstup chladicí kapaliny do a z posuvných válečků:
 - používá se uzavřený okruh chladicí vody, tato voda je přiváděna k nátrubkům posuvných válečků takzvanou „pancéřovou“ hadicí, která zajišťuje snadné uchycení a manipulaci,
- vzdálenost dosedací plochy kontislitku na posuvný váleček od rámu (výška):
 - tato výška je zásadní pro určení osové výšky ložiska v bočnici a při opotřebení posuvných válečků se zmenšuje,
 - je rozhodující pro stanovení nutnosti výměny opotřebovaného válečku za nový,
 - po změření při odstávce zařízení a konzultaci s technologem, jaké je opotřebení konkrétního dílu: **$z = 215 \text{ mm}$** ,
- současný počet typů používaných posuvných válečků pro všechny rozměry odlévaných kontislitků:
 - používají se čtyři profily válečků, dva jsou určeny pro kruhové průřezy a dva pro čtvercové průřezy, v obou případech odstupňované pro určitou skupinu rozměrů.

Do roku 2013 byly největší profily kontislitků vyráběných v podniku ArcelorMittal Ostrava a.s. průměr 210 mm nebo kvadrát 180 x 180 mm a tedy hmotnost jednoho metru výrobku byla 270 kg u kruhového profilu nebo 250 kg u čtvercového profilu. Posuvné válečky a jejich uložení na rám byly řešeny zcela jiným způsobem, než jak je popsáno současné řešení. Váleček byl dutý, na obou koncích s osazením

pro ložisko a středem procházela hřídel. Hřídel s válečkem se nasadila do otvorů v bočnicích a zajistila pomocí šroubů proti posuvu a pootočení. Vlastní váleček se otáčel na pevné hřídeli. Zásadní rozdíl proti nynějšímu způsobu bylo použití speciálních ložisek. Jednalo se o ložiska již zmíněné firmy „BSL“, kdy konstrukce těchto ložisek byla založena na tom, že oba ložiskové kroužky, vnitřní i vnější byly vyrobeny z 8 x 4 mm širokého plochého pružinového plechu, který se stočil na trnu do spirály na požadovanou délku a průměr. Po zakalení se spirálové kroužky ložisek (vnitřní i vnější) v přípravku brousily na předepsaný rozměr.

Při montáži se spirála vnitřního kroužku roztáhla a nasunula na hřídel. K tomu se použil speciální klíč. Stejně tak spirála vnějšího kroužku se stáhnula nalisováním do kuželového pouzdra a přes toto pouzdro se vnější kroužek umístil do osazení posuvného válečku. Mezi vnější a vnitřní kroužek se vložila klec s válečkovými ložiskovými tělísky. Tato tělíska byla rovněž tvořena spirálou. Proti posuvu a proti vnikání nečistot do ložisek byly na obou koncích válečků pojistné kroužky. Při montážní teplotě byla vůle mezi jednotlivými díly ložiska poměrně velká a to umožňovalo snadnou montáž. Stejně tak při opravách potom byla snadná demontáž. Po montáži posuvných válečků do rámu a při chodu zařízení dochází působením teploty posouvajících se kontisliťků (mají teplotu až 380 °C) k ohřevu posuvného válečku a všech jeho dílů. Vlivem tepelné roztažnosti materiálu došlo ke změně původních rozměrů a tím se vymezily vůle v ložiscích tak, že tato ložiska byla schopna pracovat bez dodatečného chlazení. Díky spirálovým ložiskovým kroužkům a vhodné vůli mezi jednotlivými díly se ložisko volně otáčí i při zatížení a vysokých teplotách. Posuv kontisliťků je pomalý a tím i otáčky ložiska jsou cca $3-5 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ a takto navržené ložisko bylo při montáži naplněno speciálním vysoce teplotně odolným mazivem. V ose hřídele byl provrtán otvor za polovinu její délky a v polovině délky byl provrtán příčný otvor. Z čela hřídele byla umístěna maznička, kterou obsluha zařízení měla možnost mazivo doplňovat. Tato konstrukce posuvných válečků byla vcelku jednoduchá jak po stránce výrobní, tak z montážního hlediska a také bez větších nároků na údržbu. Životnost jednotlivých dílů včetně ložisek byla většinou dána opotřebením profilu vlastního válečku kontisliťkem. Potom se měnil celý posuvný váleček. Pouze ojediněle docházelo k poruše některého z dílů válečku, přesto i potom byla oprava časově nenáročná.



Obrázek 2.1 Řez válečku používaného spirálová ložiska do roku 2013

2.2 Návrh nového způsobu uložení

Na tento způsob řešení navazuje návrh nového uložení posuvných válečků pro současný sortiment výroby kontislitků. Základem pro toto nové řešení je právě popsané ložisko se spirálovým vnějším a vnitřním kroužkem, klecí s valivými tělísky a přiměřenými vůlemi mezi jednotlivými součástmi tohoto ložiska. Vlastní konstrukce bude navrhována jiným způsobem, než bylo popsáno. Vzhledem k tomu, že základní váleček, po kterém se pohybuje kontislitek musí být zachován, (tato podmínka je zadána firmou Vránová z důvodu možnosti vrátit se k původnímu řešení v případě, že by uložení nesplňovalo v dlouhodobém provozu předpokládané parametry) musí být dva spirálové kroužky ložiska nasazeny na protilehlá stávající osazení válečku. Ložiskové domky, do kterých budou nasazeny vnější spirálové kroužky, budou součástí bočnic, které je nutno nově navrhnout. Bočnice musí splňovat podmínky, možnosti uchycení na rám posuvného zařízení do stejných uchycovacích otvorů jako doposud a rovněž osová výška válečku musí být zachována.

Spirálové ložiska před rokem 2013 dodávala firmě Vránová již dříve zmíněná česká firma „BSL“, ovšem vzhledem k lehčím kontislitkům v menších rozměrech, než potřebujeme nyní. Při konzultaci ve firmě „BSL“, bylo zjištěno, že tato ložiska se již

nevyrábějí. Firma Vránová byla jediným odběratelem a po ukončení spolupráce byly vyřazeny z výroby. Firma byla však ochotná poskytnout základní informace pro výrobu zkušebních vzorků ložisek v rámci této diplomové práce, ale víceméně si chránila své know-how a výkresovou dokumentaci nebyli ochotni zapůjčit.

Hlavní informace získané od firmy „BSL“:

- Materiál použitý pro výrobu spirálových kroužků ložisek:
pružinová ocel 54SiCr6 dle DIN (14 260 dle ČSN) dodávaná v plochých tyčích rozměrů 8 x 4 - 2500 mm pro vnější kroužky a 8 x 4 - 1200 mm pro vnitřní kroužky. Minimální odběr 50 kg od každého rozměru. Toto množství stačilo na výrobu spirálových ložisek po dobu cca jednoho roku. Nepodařilo se zjistit dodavatele tohoto polotovaru pružinové oceli, ani zda se jednalo o tuzemskou nebo zahraniční firmu.
- Kroužky se svinovali do spirál na klasickém soustruhu pomocí speciálního přípravku, což byl válcový trn s uchycením počátku spirály.

2.2.1 Návrh spirálového ložiska

Základní rozměr navrhovaného ložiska musí vycházet z daného průměru osazení pro vnitřní ložiskový kroužek na válečku. Rozměr je $d_1 = 65$ mm, tento rozměr musí mít vnitřní spirálový kroužek po nasazení na osazení válečku. Největší průměr vnějšího spirálového kroužku volíme podle původního ložiska (22213 E/c3va210) tedy $D_2 = 120$ mm. Pro určení zbývajících průměrů spirálových kroužků, tedy největší průměr vnitřního kroužku a nejmenší průměr vnějšího kroužku, se vyšlo z tloušťky plechu, ze kterého se kroužky vyrobí. Tloušťka plechu je $t = 6$ mm. Stočením spirálových kroužků a s jejich následným broušením na tloušťku $t_1 = 5$ mm získáme požadované průměry $D_1 = 75$ mm pro vnitřní kroužek a $d_2 = 110$ mm pro vnější kroužek. Šířka ložiska rovněž vychází z délky osazení na válečku $L = 50$ mm. Tato délka je větší než je šířka původního ložiska, a to z důvodu napojení rotační spojky u původní konstrukce válečku (viz kapitola 1). Větší délka není na škodu, protože snížíme namáhání námi navrženého

ložiska. Z takto stanovených rozměrů a se stanovením vůle mezi kroužky a valivými tělisky $v = 0,25$ mm dostáváme průměr valivého těliska $d_3 = 16,5$ mm. Počet tělísek pro jedno ložisko zvoleno $k = 12$. Tělíska jsou osově provrtána s otvorem průměru $d_4 = 6$ mm a smontována do takzvané klece, která je tvořena dvěma plechovými kroužky a dvanácti spojovacími hřídelkami, na nichž jsou, umístěny ložisková tělíska. Šířku plechu pro spirálová ložiska je zvolena $c = 14$ mm, plech bude stáčen do spirály pod úhlem 6° pro vnější kroužek a 12° pro vnitřní kroužek spirálového ložiska.

Navržení a výpočet rozměrů:

$$d_1 = 65 \quad [\text{mm}] \quad (2.1)$$

d_1 – malý průměr vnitřního kroužku spirálového ložiska

$$D_1 = d_1 + 2 \cdot t_1 = 65 + 10 = 75 \quad [\text{mm}] \quad (2.2)$$

D_1 – velký průměr vnitřního kroužku spirálového ložiska

t_1 – tloušťka plechu malého i velkého kroužku spirálového ložiska

$$D_2 = 120 \quad [\text{mm}]$$

D_2 – velký průměr vnějšího kroužku spirálového ložiska

$$d_2 = D_2 - 2 \cdot t_1 = 120 - 10 = 110 \quad [\text{mm}] \quad (2.3)$$

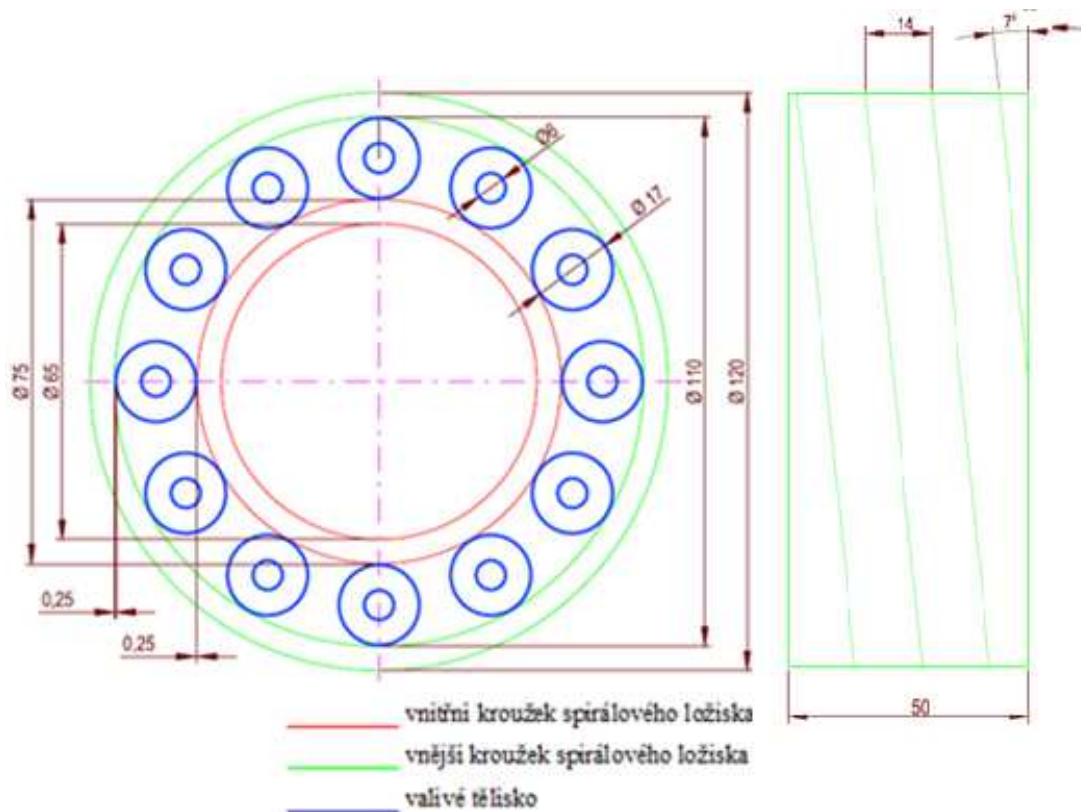
d_2 – malý průměr vnějšího kroužku spirálového ložiska

$$v = 0,25 \quad [\text{mm}]$$

v – vůle mezi kroužky a valivými tělisky spirálového ložiska

$$d_3 = \frac{(d_2 - D_1) - 4 \cdot v}{2} = \frac{(110 - 75) - 4 \cdot 0,25}{2} = 17 \quad [\text{mm}] \quad (2.4)$$

d_3 – průměr valivého těliska

Schematický náčrtek ložiska:

Obrázek 2.2 Schéma řezu spirálového ložiska a vnější spirálový kroužek

Materiály a jejich vlastnosti použité pro výrobu spirálového ložiska:**Spirálové kroužky:**

Ocel jakosti **54SiCr6 dle DIN** (14 260 dle ČSN). Normalizačně žíhaná z důvodu lepšího navinutí do spirál. Po navinutí do spirál kalená pro zvýšení tvrdosti.

Ocel je vhodná k zušlechťování. Dále je vhodná na více namáhané pružiny, používané zvláště pro automobily a železniční vozy.

Přehled vlastností oceli 54SiCr6															1. 7102				
Druh oceli	Nizkolegovaná ušlechtilá křemíko-chromová ocel pro zušlechťované pružiny																		
10P	EN 10089																		
Označení podle ČSN	41 4200																		
Použití	Středně namáhané pružiny a pružné elementy pro automobily a kolejová vozidla, dále talířové a kroužkové pružiny.																		
Chemické složení v hmot. % (rozbor tavby)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V										
	0,51 – 0,59	1,20 – 1,60	0,50 – 0,80	max. 0,025	max. 0,025	0,50 – 0,80													
Dovolené odchylky od rozboru tavby ve výrobku ¹⁾	± 0,02 ²⁾	± 0,05	± 0,04	+ 0,005	+ 0,005	± 0,05													
Mechanické vlastnosti v zušlechťeném stavu pro 20°C ³⁾	Průměr mm		R _{e0,2} min MPa		R _m MPa		A min %		Z min %		K _{II} min J								
	10 mm		1300		1450 – 1750		6		25		8								
Maximální hodnoty tvrdosti pro stav:	Zpracováno na stříhatelnost				Žháný na měkko				Žháný na globulární cementit										
	HB max. 280				HB max. 248				HB max. 230										
Prokalitelnost ⁴⁾	Vzdálenost od plochy kaleného čela zkoušebního tělesa v mm																		
	Tvrdost v HRC																		
	Mez	1,5	3	5	7	9	11	13	15	20	25	30	35	40	45	50			
	Horní (max.) +H	67	66	66	65	65	64	64	63	59	55	49	44	40	37	35			
	Dolní (min.) +H	57	56	55	50	44	40	37	35	32	30	28	26	25	24	24			
	Horní (max.) +HH	67	66	66	65	65	64	64	63	59	55	49	44	40	37	35			
	Dolní (min.) +HH	60	59	59	55	51	48	46	44	41	38	35	32	30	28	28			
	Prokalitelnost určená tvrdostí v jádře možného rozměru po kalení do oleje z teploty 850 ± 5°C. ⁵⁾																		
	Tvrdost HRC pro				Největší rozměr kalených tyčí kruhového průřezu D _{max} mm				Největší rozměr kalených tyčí plochých t _{max} mm										
	80% martenzit H ₀₂		90% martenzit H ₀₂																
52		55																	
				80%				90%				80%				90%			
				13				10				9				7			
Technologické vlastnosti																			
Tvářeni za tepla a tepelné zpracování	Tváření za tepla °C	Normalizační žhání °C		Žhání na měkko °C		Teplota kalení °C		Kalicí prostředí		Teplota popouštění °C		Zkouška kalením čela °C							
	1050 až 850	860		640 až 700		840 až 870		olej		400 až 450		850 ± 5							
Uvedené podmínky pro tvářeni a tepelné zpracování jsou doporučené vyjma zkoušky kalením čela (zkouška prokalitelnosti podle Jominyho).																			
Obrobitelnost	Pro mechanické obrábění je vhodný stav žháný na měkko.																		
Tváření za studena	Pro tvářeni za studena je vhodný stav žháný na globulární cementit.																		
Stříhatelnost	Pro docílení tvrdosti vhodné pro stříhání se ocel žihá nebo po válcování řízeně vychlazuje.																		

Obrázek 2.3 Chemické a technologické vlastnosti oceli 54SiCr6 [2]

Valivá tělíska:

Ocel jakosti **100Cr6 dle DIN** (14 109 dle ČSN). Po opracování kalená pro zvýšení tvrdosti.

Ocel je dobře tvářitelná za tepla a je vhodná k přímému kalení, ve stavu žhaném naměkko dobře obrobitelná. Optimální průměr, nebo tloušťka zušlechťení je asi 20 mm. Ocel je vhodná na součásti s velmi tvrdým povrchem odolným proti opotřebení. Tvárnost za tepla a obrobitelnost je dobrá, odolnost proti korozi normální. Ocel je vhodná pro výrobu kuliček do valivých ložisek do průměru 25 mm, válečků a kuželíků do průměru 18 mm a kroužků valivých ložisek do tloušťky stěny 16 mm.

Chemické složení [hm. %]								
C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Ni+Cu	P	S
0,90-1,10	0,30-0,50	0,15-0,35	1,30-1,65	max 0,30	max 0,25	max 0,50	max 0,027	max 0,030
Polotovary								
[1] předvalky				[4] bezešvé trubky tvářené za tepla				
[2] tyče válcované za tepla				[5] tyče tažené za studena				
[3] výkovky				[6] dráty tažené za studena				
Mechanické vlastnosti								
Polotovar	[1] [2] [3]			[4]		[5] [6]		
Rozměr t,d [mm]	–			–		–		
Stav	.3			.3		.3		
Mez kluzu R _e [MPa]	441			–		441		
Mez pevnosti R _m [MPa]	608-726			608-726		628-765		
Tažnost A ₅ [%] inf.podél	18			18		18		
Kontrakce Z [%] inf.	35			35		35		
Vrubová houževnatost KCU 2	–			–		–		
Tvrdość HB	max 210			max 220		max 225		
Modul pružnosti E [GPa]	213 (při 23 HRC), 210 (při 54HRC), 202 (při 63HRC)							
Modul pruž.ve smyku G [GPa]	–			–		–		
Teplota [°C] / tvrdość					20	200	400	600
Modul pružnosti E [GPa]	23HRC			213		202	188	166
za zvýšených teplot	54HRC			210		197	182	–
Technologické údaje								
► kování 750 až 1 100 °C					► kalení do vody 790 až 820 °C			
► normalizační žíhání 860 až 890 °C					► kalení do oleje 820 až 850 °C			
► žíhání na měkko 720 až 760 °C					► popouštění 150 až 220 °C			

Obrázek 2.4 Chemické a technologické vlastnosti oceli 100Cr6 [3]

Klec k uchycení valivých ložisek:

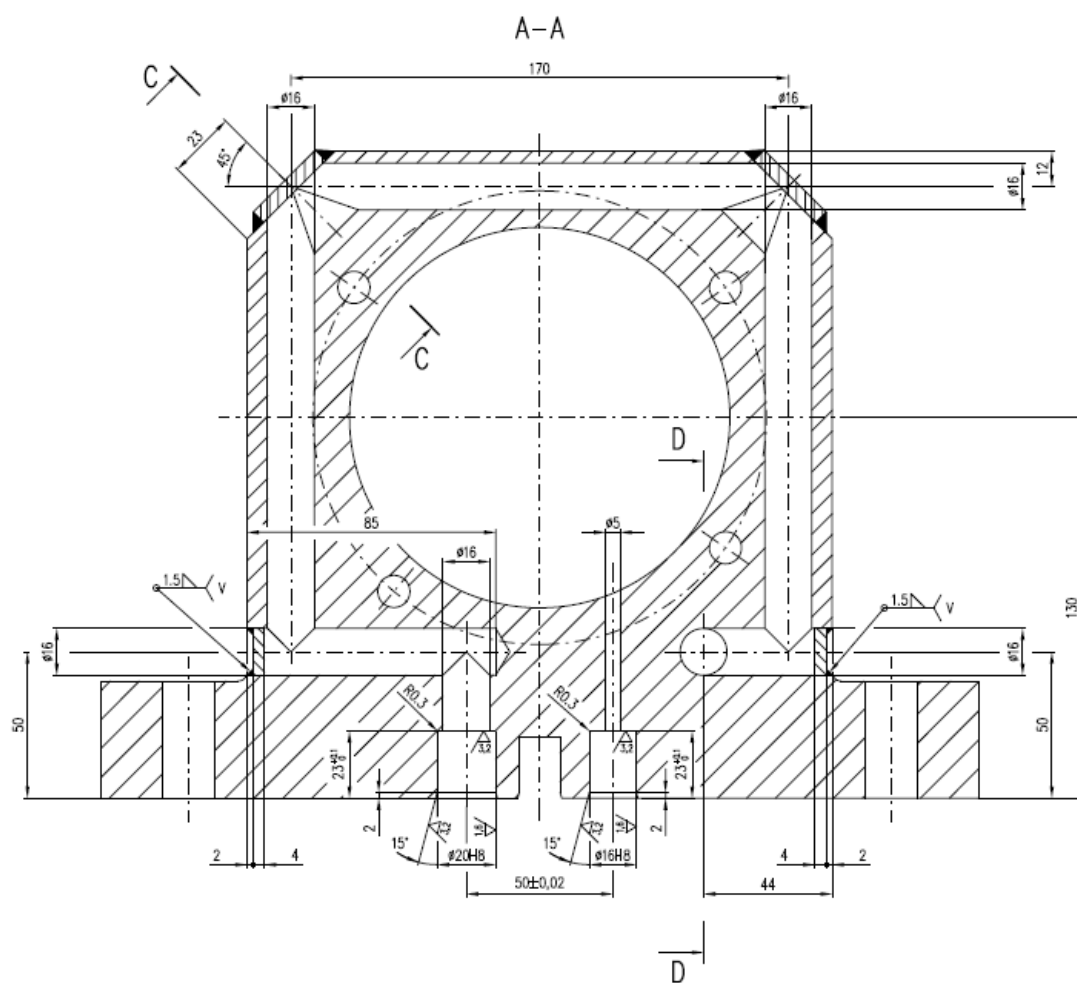
Ocel jakosti **St52-3U** dle DIN (11 523 dle ČSN). Jedná se o kroužky klece..

Přehled vlastností oceli S355JO							1.0553
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel						
TDP	ČSN EN 10025-2: 2005						
Dřívější označení	S355JO podle EN 10025: 1990 + A1: 1993; St 52-3 U podle DIN 17100; 11 523 podle ČSN						
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C max. pro tloušťku v mm			Mn	Si	P	S
	≤16	>16≤40	>40 ¹⁾	max.	max.	max.	max.
Složení hotového výrobku	0,20 ²⁾	0,20 ⁴⁾	0,22	1,60	0,55	0,030	0,030
	0,23 ⁵⁾	0,23 ⁴⁾	0,24	1,70	0,60	0,050	0,050
Technologické vlastnosti							
Svařitelnost	Vhodná ke svařování všemi obvykle používanými způsoby svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje riziko výskytu trhlin za studena v oblasti sváru. Je účelné dbát doporučení stanovující podmínky pro svařování, jak je ku příkladu uvádí ECSC IC 2 (EN 1011).						
Tváření za tepla	Jsou-li dodané výrobky dále tvářeny za tepla, splňují uvedené mechanické hodnoty pouze po následném normalizačním žíhání .						
Tvařitelnost za studena	Ocel určená pro tváření za studena musí být označena písmenem C (S355JOC). To se týká i tažení za studena.						

Obrázek 2.5 Chemické a technologické vlastnosti oceli St52-3U [4]

2.2.2 Návrh bočnice

Dalším důležitým dílem, který bylo nutno navrhnout, jsou takzvané bočnice. Ty jsou pro každý posuvný váleček dvě a slouží k pevnému uchycení válečku na rám, dále jako ložiskový domek a k vymezení osové výšky válečku nad rámem. Při konstrukci se vychází z rozměrů na výkrese původní bočnice. Tento výkres je v archivu firmy Vránová a je jejím duševním vlastnictvím.



Obrázek 2.6 Řez původní bočnici s kanálky pro chlazení ložiska

Konstrukce je značně jednodušší na výrobu, protože není nutno vyrábět otvory pro chlazení ložisek. Naopak je nutné změnit uložení ložiska do bočnice, protože délka spirálových kroužků je mírně větší než u klasických ložisek. Průměr díry pro osazení vnějšího spirálového kroužku zůstane zachován. V bočnici jsou zhotoveny z obou stran

osazení pro těsnící kroužky a otvory pro namontování těchto kroužků. Materiál pro výrobu bočnice je zvolen jakosti **St52-3Udle DIN** (11 523 dle ČSN). Chemické a technologické vlastnosti oceli viz Obrázek 2.2.

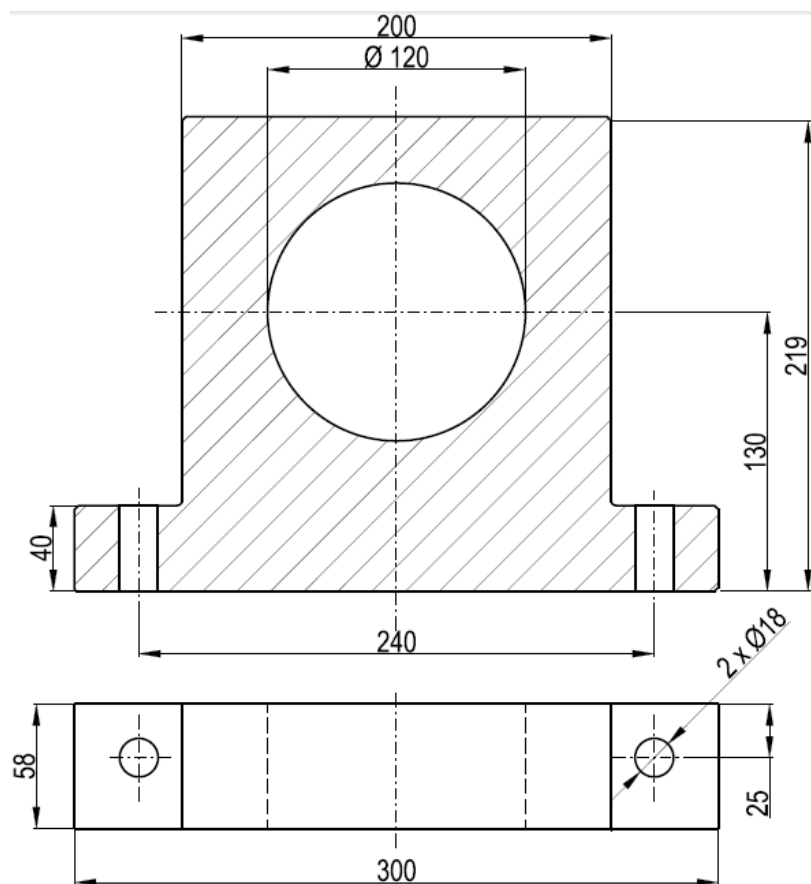
Navržení rozměrů bočnice:**Rozměry, které musí být zachovány z původní konstrukce bočnice:**

- vzdálenosti upínacích závitů v rámu pro bočnice válečků: $L_r = 240 \text{ mm}$,
- výška osy ložiska (válečku) od rámu: $L_v = 130 \text{ mm}$,
- délka vymezující vzdálenost pro uložení na rám: $L_t = 25 \text{ mm}$,
- průměr díry upínacího závitu pro uchycení na rám: $d_b = 18 \text{ mm}$.

Rozměry, vycházející ze spirálového ložiska:

- průměr díry pro velký průměr vnější kroužku spirál ložiska: $D_2 = 120 \text{ mm}$,
- šířka bočnice: $H = 58 \text{ mm}$.

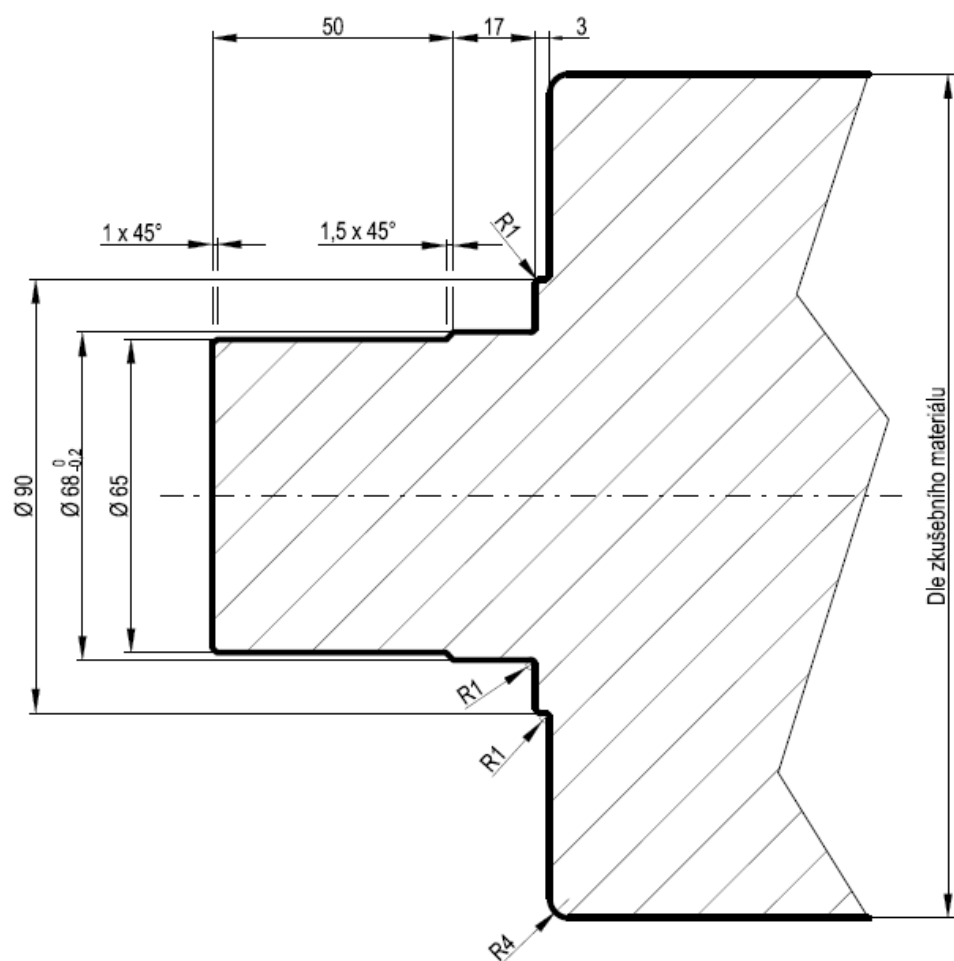
Ostatní rozměry lze zvolit podle potřeb a jsou pouze informativní.

Schematický náčrtek bočnice:

Obrázek 2.7 Schéma nově navržené bočnice

2.2.3 Návrh vzorového válečku

Pro možnost vyrobít funkční vzorek uložení posuvného válečku, bylo zapotřebí nahradit skutečný váleček, po kterém je posunován kontislidek, jinou dostupnou součástí, z důvodu že firma Vránová nemá v současné době na skladě tento váleček. Součást musí splňovat jedinou podmínku a to, že oba konce musí mít stejné rozměry jako používaný váleček. Byla použita vyřazená hřídel z majetku firmy Vránová a konce byly opracovány na požadované rozměry. Použití náhradního řešení válečku nemá žádný vliv na odzkoušení funkčního vzorku. Avšak v další části diplomové práce (bod 2.3 pevnostní kontrola válečku), se počítá se skutečným válečkem.



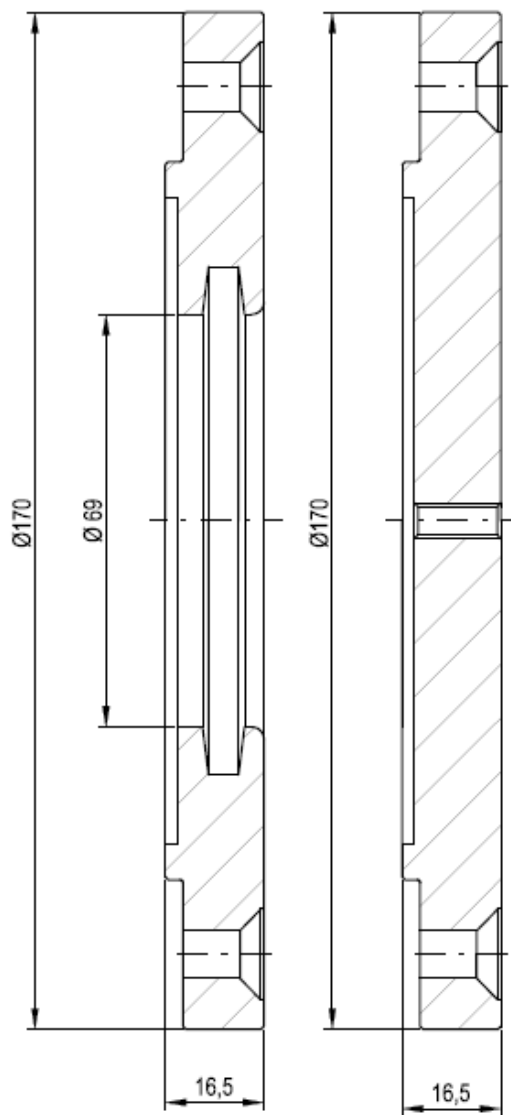
Obrázek 2.8 Návrh konce hřídele vzorového válečku

2.2.4 Návrh těsnících kroužků ložiska

Těsnící kroužky zajišťují ochranu ložisek proti vnikání nečistot a naopak zamezují úniku maziva z ložisek. Utěsnění mezi kroužkem a točící se hřídelí zajistí do kroužku vložená těsnící grafitová šňůra. Osazení kroužků současně vymezuje boční vůle ložisek a případný posuv válečku v horizontálním směru způsobený roztažností materiálu po zahřátí horkým kontislitkem. Provozní mazání ložisek je řešeno pomocí mazacích hlavíc zašroubovaných do otvoru se závitem ve středu vnějších těsnících kroužků. Kroužky jsou k bočnici přichycené pomocí čtyř šroubů. Materiál pro výrobu těsnících kroužků je zvolen jakosti **St52-3Udle DIN** (11 523 dle ČSN). Chemické a technologické vlastnosti oceli viz Obrázek 2.3.

Navržení rozměrů:

- průměr těsnících kroužků: $D_k = 170 \text{ mm}$,
- průměr otvorů pro konce válečku: $d_k = 69 \text{ mm}$,
- celková šířka těsnících kroužků: $D_3 = 16,5 \text{ mm}$,
- průměr osazení: $D_{k1} = 120 \text{ mm}$.

Schematický náčrt vnitřního a vnějšího těsnícího kroužku:

Obrázek 2.9 Návrh vnitřního a vnějšího těsnícího kroužku

2.2.5 Návrh ostatních komponentů válečku

K montáži vzorku posuvného válečku bylo zapotřebí mimo všech vyráběných dílů také spojovací materiál, těsnící grafitová šňůra, mazací tuk a dva přípravky.

Mazací hlavice na kontrolní vzorek nebude umístěna, protože se jedná pouze o vzorek, který nebude v dlouhodobém provozu. Otvor pro mazací hlavici zaslepíme šroubem. Ovšem k použití v provozu je tato mazací hlavice nutná.

Šrouby:

Přichycení jednoho těsnícího kroužku bude řešeno 4 ks šroubu zápusťného s drážkou DIN 963 M8x35. Na každé straně podávacího válečku jsou dva tyto těsnící kroužky, celkově tedy čtyři pro jeden podávací váleček. Celkově potřebujeme 16 ks daného šroubu.

Mazací tuk (plastické mazivo):

Molyka pasta: Speciální výrobek, připravený ze směsi oleje a technického sirníku molybdeničitého - molyky. Vzhledem ke svému specifickému složení se aplikuje jako mazací prostředek vyhraněného použití, nebo jako separační prostředek při speciálních tvářecích operacích atd. Teplotní rozsah do cca 390 °C. [7]

Mazací hlavice:

Mazací hlavice DIN 3404 M6x1-11



Obrázek 2.10 Mazací hlavice [8]

Pro zaslepení otvorů pro mazací hlavice na zkušebním vzorku použijeme DIN 933 M6x10.

Těsnící grafitová šňůra 0002:



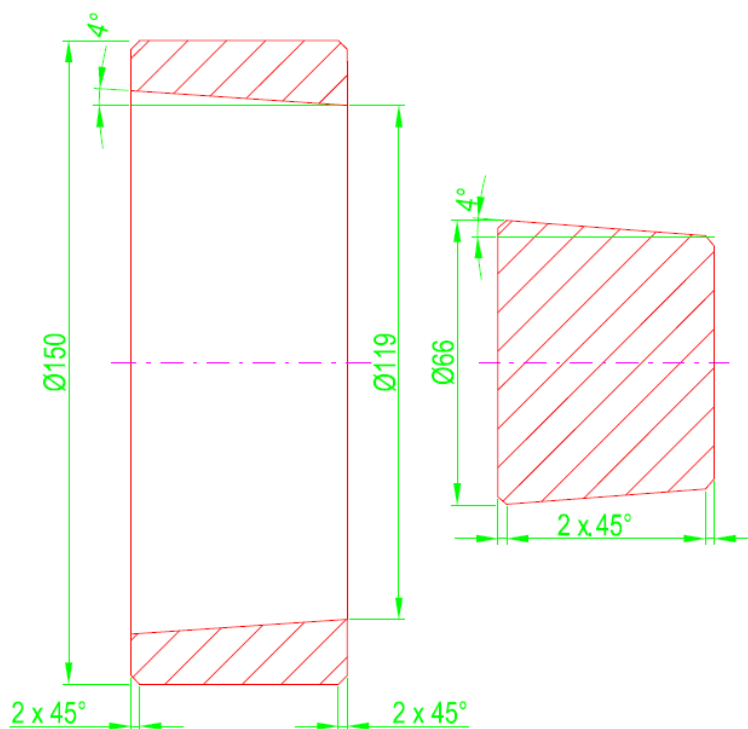
Obrázek 2.11 Těsnící grafitová šňůra [5]

Diagonálně pletená šňůra z upravené folie z čistého expandovaného pružného grafitu. Velmi pružné a ohebné těsnění, vhodné pro přípravu grafitových kroužků. Kombinuje všechny výhody čistého grafitového kroužku s pružností, stlačitelností a snadnou instalací těsnění, má velmi malý koeficient tření a vysokou tepelnou vodivost, prodlužuje životnost hřídele, netvrdne, je chemicky stálá. Vhodná do vysokých teplot (až 450 °C). [6]

2.2.6 Návrh přípravků pro montáž spirálových kroužků ložisek

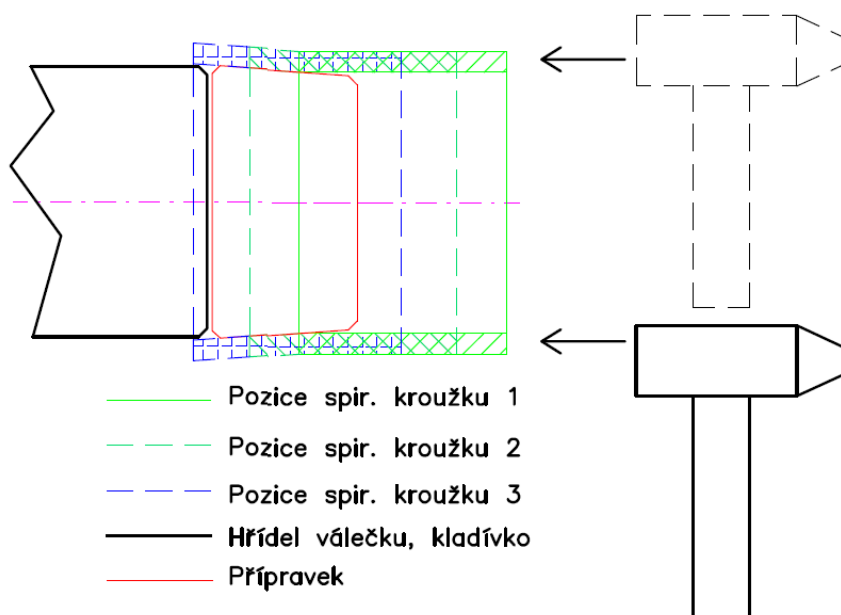
Pro montáž vnitřních spirálových kroužku musí být použit přípravek pro roztažení, nutný pro jeho nasazení na osazení válečku. Přípravek je kuželový trn s největším průměrem $d = 66 \text{ mm}$ a úhlem zkosení 4° .

Naopak pro montáž vnitřních spirálových kroužků musí být použit přípravek pro stažení, nutný pro jeho nasazení do otvoru v bočnici. Tady je použit přípravek ve tvaru dutého kužele s nejmenším průměrem 119 mm a úhlem zkosení 4° .



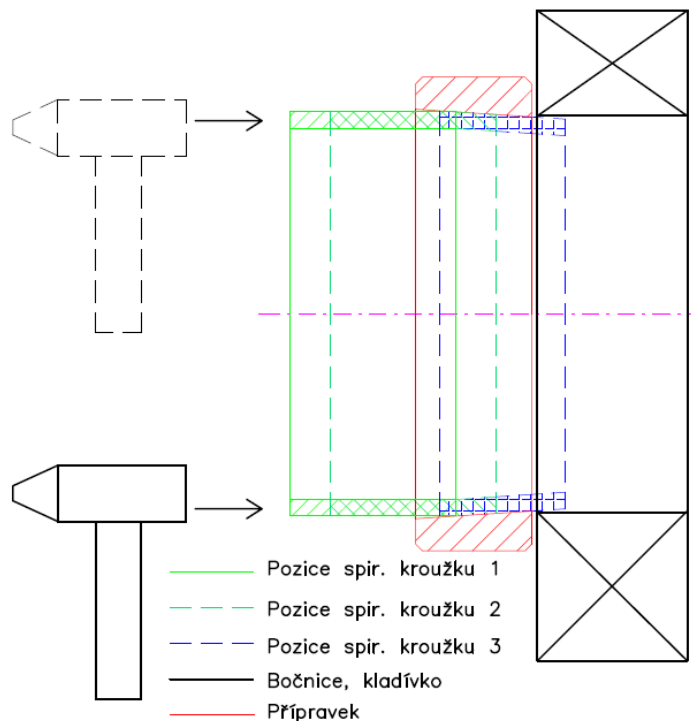
Obrázek 2.12 Návrh přípravků pro montáž spirálových kroužků

Na přípravek pro roztažení vnitřního spirálového kroužku se nasadí vnitřní kroužek a postupným sklepáváním se roztáhne. Přípravek se přiloží na konec osazení a sklepáváním se kroužek přemístí do své pozice na osazení válečku.



Obrázek 2.13 Schéma použití přípravku pro montáž vnitřních spirálových kroužků

Podobným způsobem se nasadí vnější spirálový kroužek do otvoru v bočnici. Do přípravku se vloží vnější spirálový kroužek a poklepáváním se vysunuje z přípravku do pozice v bočnici.



Obrázek 2.13 Schéma použití přípravku pro montáž vnějších spirálových kroužků

2.3 Pevnostní kontrola podávacího válečku

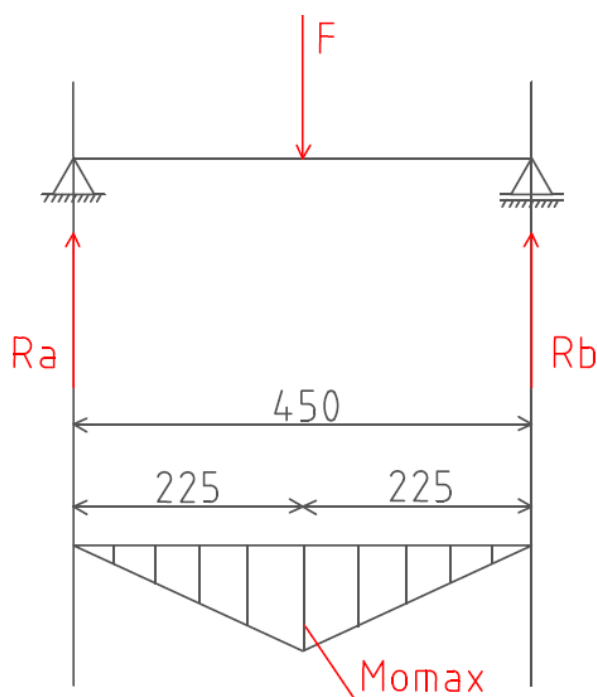
Z pevnostního hlediska je možno si váleček zjednodušeně představit jako nosník o dvou podporách s reakcemi v ose ložisek a zatížený silou vyvolanou hmotností kontislitku (viz Obrázek 3.16). Tato síla působí uprostřed mezi oběma ložisky. Tento nosník je namáhán na ohyb a na stříh v místě nasazených vnitřních kroužků ložisek. Vzhledem k velmi nízkému počtu otáček válečků jsem toto zatížení považoval za statické. Stejně tak jsem pro zjednodušení použil pro výpočet a kontrolu namáhání válečku nejmenší průměr dutého hřídele a nebral v úvahu ostatní průměry. Pokud pevnostní výpočet bude vyhovovat pro tento nejmenší průměr je jasné, že vyhovuje pro skutečný odstupňovaný váleček. Jakost materiálu válečku je 42CrMo4 dle DIN (15 142.3 dle ČSN) a tento materiál má základní chemické složení a mechanické vlastnosti, které jsou uvedeny na Obrázku 2.14 a 2.15. [11]

	C	Si max	Mn	P max	S max	Cr	Mo
V hmotnostním %	0,38-0,45	0,4	0,6-0,90	0,025	0,035	0,90-1,20	0,15-0,30

Obrázek 2.15 Chemické složení oceli 42CrMo4 [10]

$R_{e\min}$ [MPa]	R_m [MPa]	A_{\min} [%]	Z_{\min} [%]	KV_{\min} [J]	HB_{\max}
500	750-900	14	55	35	241

Obrázek 2.16 Mechanické vlastnosti oceli 42CrMo4 [10]



Obrázek 2.17 Schéma zatížení válečku

Kontrola na ohyb:

$$F = G \cdot g = 985 \cdot 9,81 = 9660 \quad [\text{N}] \quad (2.5)$$

F – síla deformující těleso

G – hmotnost nejtěžšího kontislitku

g – zemská přitažlivost

$$M_{o\max} = F \cdot \frac{H}{2} = 9660 \cdot 0,25 = 2415 \quad [\text{N}] \quad (2.6)$$

 $M_{o\max}$ – maximální ohybový moment

$$W_{o_{\text{mezikr.}}} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_{2h}^4 - d_{1h}^4}{d_{2h}} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{0,065^4 - 0,0185^4}{0,075}$$

$$W_{o_{\text{mezikr.}}} = 27 \cdot 10^{-6} \quad [\text{m}^3] \quad (2.7)$$

$W_{o_{\text{mezikr.}}}$ – modul průřezu v ohybu k ose x

d_{1h} – nejmenší průměr výpočtového hřídele

d_{2h} – největší průměr výpočtového hřídele

$$\sigma_o = \frac{M_{o_{\text{max}}}}{W_{o_{\text{mezikr.}}}} \leq \sigma_{o_{\text{dov}}}$$

$$\sigma_o = \frac{2415}{27 \cdot 10^{-6}} = 89,5 \cdot 10^6 [\text{Pa}] = 89,5 \quad [\text{MPa}] \quad (2.8)$$

σ_o – napětí při namáhání v ohybu

$$\sigma_{o_{\text{dov}}} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 500 = 300 \quad [\text{MPa}] \quad (2.9)$$

$\sigma_o < \sigma_{o_{\text{dov}}}$ - zatížení vyhovuje

Kontrola na stříh (smyk):

$$\tau_s = \frac{\frac{F}{2}}{S_{\text{mezikruž}} \cdot d} \leq \tau_{s_{\text{dov}}}$$

$$\tau_s = \frac{\frac{F}{2}}{\frac{\pi \cdot (d_2^2 - d_1^2)}{4}} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot (d_{2h}^2 - d_{1h}^2)} = \frac{2 \cdot 9660}{\pi \cdot (0,065^2 - 0,0185^2)} =$$

$$\tau_s = 15,8 \cdot 10^6 [\text{Pa}] = 15,8 \quad [\text{MPa}] \quad (2.10)$$

τ_s – napětí při namáhání ve stříhu

$$\tau_{s_{dov}} = 0,2 \cdot R_e = 100 \quad [\text{MPa}] \quad (2.11)$$

$$\tau_s < \tau_{s_{dov}} - \text{zatížení vyhovuje}$$

Pevnostní kontrola válečku z materiálu 42CrMo4 dle DIN (15 142.3 dle ČSN) vyhovuje.

3 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY A ZHOTOVENÍ FUNKČNÍHO VZORKU

Při zpracování technologického postupu jednotlivých dílů bylo vycházeno z možností strojního a technologického vybavení firmy Vránová. Potřebné strojní vybavení a nástroje jsou uvedeny na obrázců 3.1. Většina nástrojů je řešena moderními systémy s vyměnitelnými břitovými destičkami renomovaných výrobců, jako jsou ISCAR, SANDVIK, KORLOY, PRAMET nebo KYOCER, stejně tak je firma vybavena moderními měřidly. [11]

SEZNAM STROJŮ		
Název	Stroj	ŘÍDÍCÍ SYSTÉM
Hrotový soustruh	Hrotový soustruh SU63A/2000	
OBRÁBĚCÍ AUTOMAT	Doosan DNM 500	FANUC Series Oi-Tc
Tabulové nůžky	Nůžky tabulové NT 2000/6.7	
Bruska	Bruska HROTOVÁ UNIVERZÁLNÍ BHU 32/1000	
SEZNAM NÁSTROJŮ		
Název	Nástroj / Držák	Břítová destička
Soustružnický nůž 1	PCLNR 2525 M16	KYOCERA CNMG 120404GS/CA5325
Soustružnický nůž 2	SCFCR 1616 M09	KORLOY CCMT 09T304C25NC/3120
Soustružnický nůž 3	S32U-SCLCR08 KT927	KORLOY WNMG 080408GR/NC3030
Soustružnický nůž 4	KIGM 3225B-4V	KYOCERA CCMT 120408GK/CA5525
Vrták 1	Vrták do kovu Ø5 MM HSS DIN 338	
Vrták 2	Vrták Ø30 MM HSSCO5, DIN 345	
Vrták 3	Vrták Ø9 MM HSS, DIN 348	
Vrták 4	Karbidový monolitní vrták s vnitřním chlazením Ø18 DIN6537	
Vrták 5	POLYDRILL 2D440R07	KORLOY WCGT 07T304 SN-29CW25
Vrták 5	Karbidový monolitní vrták s vnitřním chlazením Ø6,9, délky 7xD, typ RATIO	
Středící vrták 1	Vrtak středící 1,25 HSS	
Navrtávací 1	SKNC 90° M16 K20/K30 PVD	
Závitník 1	Ruční maticový závitník M6 NO2NPN8/3070	
Závitník 2	M8 HSSE DIN 371	
Fréza 1	Nástrčná fréza Ø63 pro VBD TP-63	TPUN 2204
Fréza 2	Válcová čelní Ø16 3břítá dlouhá HSS Co5	
Fréza 2	Nástrčná fréza Ø50 pro VBD RM-5R50	HITACHI RDMT 10T3

Obrázek 3.1 Stroje a nástroje potřebné k výrobě podávacího válečku

3.1 Technologický postup výroby ložiska

Navržené ložisko se skládá ze tří součástí:

- vnitřního spirálového kroužku,
- vnějšího spirálového kroužku,
- klece s valivými tělísky.

Pro každou tuto součást byl vypracován technologický postup výroby.

Vnitřní spirálový kroužek

Výkres č. Vra0023 – 1 – 03 – 02

Výchozí polotovar: plech jakosti 54SiCr6 dle DIN (14 260 dle ČSN) žíhaný, rozměr 1500 x 1000 x 6 mm, dodán firmou JM20 s.r.o. Vlastní výroba probíhala na hrotovém soustruhu SU63A/2000, brusce univerzální BHU 32/1000 a tabulových nůžkách NT 2000/6.7. Pro navinutí spirály byl nutný přípravek, který je tvořen válcovým trnem s drážkou pro možnost navinutí první otáčky spirály. Největším problémem bylo stanovit průměr válcového trnu s ohledem na zpětnou roztažnost svinutého kroužku po navinutí na trn a jeho následném uvolnění. Roztažnost byla v řádech cca několika mm na průměr válcového trnu. Průměr trnu byl stanoven metodou pokus-omyl. Po vyjmutí s trnu musely mít kroužky rozměr v určité toleranci, aby je bylo možno bez problému nasadit nebo vložit do brousícího přípravku. Z počátečního průměru 64 mm, který nevyhovoval, byl postupně stanoven rozměr trnu průměru 62 mm. Přípravek pro broušení vnitřních kroužků byl trn, s průměrem shodným jako měla hřídel válečku. A před broušením byly kroužky kaleny.

Úkon	Popis	Nástroj, Pomůcky	Stroj
1.1	Dělení na rozměr 1500 x 14 x 6 mm		Tabulové nůžky
1.2	Odjehlení	Úhlová bruska, brousící kotouč	
1.3	Navinutí na trn \varnothing 62 mm, stoupání 14 mm	Trn s drážkou pro upnutí počátku pásku	Hrotový soustruh
1.4	Zarovnání délky na 50 mm	Úhlová bruska, řezný kotouč	
1.5	Kalení na HRC 52	Kooperace TATRA TRUCK a.s.	
1.6	Broušení vnějšího prům. na \varnothing 75H8	Trn o \varnothing 65H8, přípravek pro montáž viz 2.14	Bruska
1.7	Kontrola rozměrů a vyjmutí z přípravku	Třmenový mikrometr	

Obrázek 3.2 Technologický postup výroby vnitřního spirálového kroužku

Po operaci 1.3 se spirálový kroužek samovolně roztáhne do požadovaného průměru cca 64 mm. Operaci 1.5 je nutno kalit v kooperaci, firma Vránová nedisponuje vybavením pro tuto technologii výroby.

Vnější spirálový kroužek

Výkres č. Vra0023 – 1 – 03 - 01

Výchozí polotovár: plech jakosti 54SiCr6 dle DIN (14 260 dle ČSN) žíhaný, rozměr 1500 x 1000 x 6 mm, dodán firmou JM20 s.r.o. Tak jako v předešlém případě byl použit hrotový soustruh SU63A/2000, tabulové nůžky NT 2000/6.7. Výroba vnějších kroužků probíhala stejnou technologií výroby jako výroba vnitřních kroužků. Průměr trnu byl stanoven na 119 mm. Přípravek pro broušení vnějších kroužků bylo duté pouzdro s průměrem shodným jako otvor v bočnici. Pro broušení použita přídatná fortuna k broušení otvorů.

Úkon	Popis	Nástroj, Pomůcky	Stroj
2.1	Dělení na rozměr 1500 x 14 x 6 mm		Tabulové nůžky
2.2	Odjehlení	Úhlová bruska, brousící kotouč	
2.3	Navinutí na trn Ø 119 mm, stoupání 14 mm	Trn s objímkou pro upnutí počátku pásku	Hrotový soustruh
2.4	Zarovnání délky na 50 mm	Úhlová bruska, řezný kotouč	
2.5	Kalení na HRC 52	Kooperace TATRA TRUCK a.s.	
2.6	Broušení vnitřního prům. na Ø 110h8	Duté pouzdro s vnitřním Ø 120h8,	Hrotový soustruh s fortunou
2.7	Kontrola rozměrů a vyjmutí z přípravku	Třmenový mikrometr	

Obrázek 3.3 Technologický postup výroby vnějšího spirálového kroužku

Také zde se po operaci 2.3 spirálový kroužek samovolně roztáhne do požadovaného průměru cca 122 mm. A operaci 2.5 je taktéž nutno kalit v kooperaci.

Klec s ložiskovými tělísky

Ložisková klec se skládá z dvou totožných mezikruží, 12 ks valivých tělísek a 12 ks hřídelek Ø2 mm délky 49 mm (použit svařovací drát).

Mezikruží výkres č. Vra0023 – 1 – 03 – 03

Výroba mezikruží probíhá v kooperaci u firmy JM20 s.r.o., jako výpalek. Firma Vránová je schopna součást vyrobit strojním opracováním, kooperace je ovšem ekonomicky výhodnější.

Valivá tělíska výkres č. Vra0023 – 1 – 03 – 04

Výchozí polotovár: tyč kruhová Ø20 mm jakosti 100Cr6 dle DIN (14 109 dle ČSN), žíhaná, dodána firmou DENER Trading s.r.o. Stroj hrotový soustruh SU63A/2000. Operace broušení v kooperaci firmy Jiříček.

Úkon	Popis	Nástroj, Pomůcky	Stroj
3.1	Vrtat \varnothing 6mm do délky 50 mm	Vrták 1	Soustružnický automat
3.2	Soustružit na \varnothing 17,5 mm do délky 46 mm	Soustružnický nůž 1	Soustružnický automat
3.3	Upíchnout na délku 44 mm	Upichovací nůž 1	Soustružnický automat
3.4	Kontrola rozměrů	Posuvné měřidlo	
3.4	Kalení na HRC 52	Kooperace TATRA TRUCK a.s.	
3.5	Broušení na \varnothing 17j8 mm	Kooperace Jiříček	

Obrázek 3.4 Technologický postup výroby valivého tělíska

Následuje montáž ložiskové klece

Nejprve proběhla rozměrová kontrola součástí po dodání z kooperace. Při sestavení položíme jedno mezikruží na pracovní stůl, vložíme do otvorů hřídelky ze svařovacího drátu a navlékneme na ně valivá tělíska. Na vrchní čela několika tělísek položíme kousky plechu tloušťky 2 mm, které zajistí vůli mezi tělísky a mezikružím. Nasadíme na hřídelky druhé mezikruží a z této strany bodově přivaříme hřídelky k mezikruží. Klec otočíme a postup opakujeme. Vnější čela smontované ložiskové klece ručně zabrousíme.



Obrázek 3.5 Spirálové ložisko

3.2 Technologický postup výroby bočnice

Výkres č. v.: Vra0023 – 1 – 02

Výchozí polotovár: Tvarový výpalek jakosti St52-3Udle DIN (11 523 dle ČSN), zpracován v kooperaci firmou KARLA spol s.r.o. a následně opracován na obráběcím automatu Doosan DNM 500.

Úkon	Popis	Nástroj, Pomůcky	Řezné podmínky:				i
			t_s [min]	n [min^{-1}]	f_z [mm]	a_p [mm]	
4.1	Upnout do držáku						
4.2	Zarovnat přední plochu na 59 mm	Fréza 1	2	800	0,8	1	1
4.3	Otočit a zarovnat zadní plochu na 58 mm	Fréza 1	2	800	0,8	1	1
4.4	Otočit a zarovnat vrchní plochu	Fréza 1	0,5	800	0,8	0,5	1
4.5	Otočit a zarovnat spodní plochu na 219,5 mm	Fréza 1	0,97	800	0,8	1,5	1
4.6	Zarovnat spodní plochu na 219 mm	Fréza 1	0,85	1000	0,8	0,5	1
4.7	2x Sražení hrany 2x45°	Fréza 1	0,18	800	1	2	1
4.8	2x Zarovnat boční plochu na 300mm	Fréza 2	0,93	1800	0,4	1	2
4.9	Vrtat $\varnothing 18$	Vrták 4	1,47	1800	0,16	2	20
4.10	Otočit a vrtat otvor $\varnothing 80$ na $\varnothing 44$	Vrták 4	1,88	800	0,6	1	58
4.11	Vyhrubovat otvor $\varnothing 80$ na $\varnothing 79,8$	Fréza 3	4,33	1000	0,72		
4.12	Načisto otvor $\varnothing 80$	Fréza 3	1,18	1500	0,4		
4.13	4x Zhloubení $\varnothing 8$ na $\varnothing 145$	Navrtávak 1	0,68	1400	0,6		1
4.14	4x Vrtat $\varnothing 8$ na $\varnothing 145$	Vrták 6	9	800	0,05	2	29
4.15	Vytvoření závitů M8	Závitník 2	3,09	200	0,25		
4.16	Uvolnění z držáku						
4.17	Kontrola rozměrů						

Obrázek 3.6 Technologický postup výroby bočnice.

Strojní čas opracování jednoho tvarového výpalku byl 29 minut pro jednu bočnici. Celkový čas výroby dvou bočnic byl 58 minut.



Obrázek 3.7 Bočnice.

3.3 Technologický postup výroby těsnících kroužků

2x vnější těsnící kroužek: Výkres č. v.: Vra0023 – 1 – 04

2x vnitřní těsnící kroužek: Výkres č. v.: Vra0023 – 1 – 05

Výchozí polotovar: ocel kruhová jakosti St52-3Udle DIN (11 523 dle ČSN), rozměry Ø175 – 18 mm. Materiál zakoupen a nařezán na požadované rozměry u firmy DENER Trading s.r.o. K výrobě byl z větší části použit hrotový soustruh SU63A/2000, pouze pro výrobu otvorů na roztečné kružnici průměru 145 mm použit obráběcí automat Doosan DNM 500.

Úkon	Popis	Nástroj, Pomůcky	Řezné podmínky:				i
			t_s [min]	n [min ⁻¹]	f_z [mm]	a_p [mm]	
5.1	Upnout do sklíčidla za Ø175	Tričelistové sklíčidlo					
5.2	Vystředit						
5.3	Zarovnat čelo	Soustružnický nůž 1	0,67	450	0,3	0,5	1
5.4	Soustružit Ø171-12	Soustružnický nůž 1	0,32	250	0,3	1	2
5.5	Soustružit Ø170-12	Soustružnický nůž 1	0,15	250	0,3	0,5	1
5.6	Sražení hrany Ø170	Soustružnický nůž 1	0,12	450	0,3		1
5.7	Otočit						
5.8	Soustružit Ø171 do napojení	Soustružnický nůž 1	0,17	250	0,3	1	2
5.9	Soustružit Ø170 do napojení	Soustružnický nůž 1	0,08	250	0,3	0,5	1
5.10	Soustružit čelo na délku 16,5	Soustružnický nůž 1	1,27	450	0,3	0,5	2
5.11	Soustružit Ø120-3 + R0,5 Soustruženo podelně	Soustružnický nůž 2	0,75	450	0,3/0,2	1/0,5	4
5.12	Vystředit důlek pro díru M6, pomocí koníku	Středící vrták 1	0,17	250	ručně		
5.13	Vrtat otvor Ø5 v ose, pomocí koníku	Vrták 1	0,5	25	ručně		
5.14	Soustružit drážku Ø108-2 Soustruženo podelně	Soustružnický nůž 3	2,83	450	0,2	0,5	6
5.15	Sražení hrany Ø170, Ø120 a Ø5	Soustružnický nůž 1	0,3	450	0,3	1	
5.16	Vytvoření závitu M6 v ose	Závitník 1	1	25	ručně		
5.17	Uvolnit ze sklíčidla						
5.18	Upnout do sklíčidla	Tričelistové sklíčidlo					
5.19	4x Navrtání otvorů na Ø145	Navrtávací 1	0,5	1400	0,6		
5.20	4x Vrtat otvor Ø9 na Ø145	Vrták 3	2,17	700	0,5		
5.21	4x Zhloubení Ø15,4, 90° na Ø145	Navrtávací 1	1,57	1000	0,4		
5.22	Uvolnit ze sklíčidla						
5.23	Kontrola rozměrů						

Obrázek 3.8 Technologický postup výroby vnějšího těsnícího kroužku

Úkon	Popis	Nástroj, Pomůcky	Řezné podmínky:				i
			t_s [min]	n [min ⁻¹]	f_z [mm]	a_p [mm]	
6.1	Upnout do sklíčidla za Ø175	Tričelistové sklíčidlo					
6.2	Vystředit						
6.3	Zarovnat čelo	Soustružnický nůž 1	0,67	450	0,3	0,5	1
6.4	Soustružit Ø171-12	Soustružnický nůž 1	0,32	250	0,3	1	2
6.5	Soustružit Ø170-12	Soustružnický nůž 1	0,15	250	0,3	0,5	1
6.6	Sražení hrany Ø170	Soustružnický nůž 1	0,12	450	0,3		1
6.7	Otočit						
6.8	Soustružit Ø171 do napojení	Soustružnický nůž 1	0,17	250	0,3	1	2
6.9	Soustružit Ø170 do napojení	Soustružnický nůž 1	0,08	250	0,3	0,5	1
6.10	Soustružit čelo na délku 16,5	Soustružnický nůž 1	1,27	450	0,3	0,5	2
6.11	Soustružit Ø120-3 + R0,5 Soustruženo podelně	Soustružnický nůž 2	0,75	450	0,3/0,2	1/0,5	4
6.12	Vystředit důlek v ose, pomocí koníku	Středící vrták 1	0,17	250	ručně		
6.13	Vrtat otvor Ø30 v ose, pomocí koníku	Vrták 2	1,25	106	ručně		
6.14	Soustružit drážku Ø108-2 Soustruženo podelně	Soustružnický nůž 3	2,83	450	0,2	0,5	6
6.15	Sražení hrany Ø170 a Ø120	Soustružnický nůž 1	0,25	450	0,3	1	
6.16	Soustružit drážku Ø69-16,5	Soustružnický nůž 3	3,3	250	0,2	2	10
6.17	Soustružení zápichu 4mm na Ø85	Soustružnický nůž 4		250	ruční		
6.18	Soustružení zápichu 5mm na Ø85	Soustružnický nůž 4		250	ruční		
6.19	Soustružení úhlu pootočením nožového supportu o 7° doleva a 7° doprava	Soustružnický nůž 4		250	ruční		
6.20	Soustružení R2 na Ø 69	Soustružnický nůž 3		250	2	1	
6.21	Uvolnit ze sklíčidla						
6.22	Upnout do sklíčidla	Tričelistové sklíčidlo					
6.23	4x Navrtání otvorů na Ø145	Navrtávací 1	0,5	1400	0,6		
6.24	4x Vrtat otvor Ø9 na Ø145	Vrták 3	2,17	700	0,5		
6.25	4x Zhloubení Ø15,4, 90° na Ø145	Navrtávací 1	1,57	1000	0,4		
6.26	Uvolnit ze sklíčidla						
6.27	Kontrola rozměrů						

Obrázek 3.9 Technologický postup výroby vnitřního těsnícího kroužku

Strojní čas výroby jednoho vnějšího těsnícího kroužku byl 12,6 minut a vnitřního 15,6 minut.

Pro vlastní montáž bylo potřeba dvou těchto kroužků, tedy celkový čas výroby dvou vnitřních a dvou vnějších těsnících kroužků byl 56,4 minut.



Obrázek 3.10 Vnější a vnitřní těsnící kroužky

3.4 Technologický postup výroby konců hřídele

Výkres č. v.: Vra0023 – 1 – 01

Výchozí polotovar: vyřazená hřídel firmy Vránová s průměrem na koncích hřídele 140 mm. Konce hřídele opracovány na hrotovém soustruhu SU63A/2000.

Úkon	Popis	Nástroj, Pomůcky	Řezné podmínky:				i
			t_s [min]	n [min^{-1}]	f_z [mm]	a_p [mm]	
7.1	Upnout do sklíčidla za $\varnothing 140$ a koníku	Tričelistové sklíčidlo					
7.2	Vystředit	Indikační hodinky					
7.3	Zarovnat čelo	Soustružnický nůž 1	0,92	250	0,3	0,2	1
7.4	Soustružit $\varnothing 90-68$	Soustružnický nůž 1	7,25	250	0,3	3	8
7.5	Soustružit $\varnothing 68,4-65$	Soustružnický nůž 1	3,47	250	0,3	1	2
7.6	Soustružit $\varnothing 68h8-65$	Soustružnický nůž 2	1,45	450	0,2	0,1	2
7.7	Soustružit $\varnothing 65,4-50$	Soustružnický nůž 1	1,33	250	0,3	0,65	2
7.8	Soustružit $\varnothing 90-70 + R2$ Soustruženo podelně	Soustružnický nůž 1	0,28	450	0,2	2	1
7.9	Soustružit $\varnothing 65-67 + R2$ Soustruženo podelně	Soustružnický nůž 1	0,13	450	0,2	2	1
7.10	Soustružit $\varnothing 65k6-50$	Soustružnický nůž 2	1,12	450	0,2	0,1	2
7.11	2x Sražení hrany $1 \times 45^\circ$	Soustružnický nůž 1	0,25	450	0,2		1
7.12	Uvolnit ze sklíčidla						
7.1	Kontrola rozměrů						
7.2	Opakovat proces pro druhou stranu						

Obrázek 3.11 Technologický postup výroby konců hřídele

Celkový strojní čas opracování obou konců hřídele byl 32,4 minut.



Obrázek 3.12 Opracované konce hřídele

3.5 Postup montáže jednotlivých komponentů



Obrázek 3.13 Funkční vzorek před montáží

Před vlastní montáží jednotlivých dílů podávacího válečku vložíme těsnící grafitovou šňůru do klínového vybrání vnitřních těsnících kroužků tak, aby konce šňůry byly s mírným překrytím. Také do vnějších těsnících kroužků našroubujeme mazací hlavice.

Prvním krokem montáže bylo nasazení a přišroubování vnitřního těsnícího kroužku na bočnici. Nelze zvolit libovolnou stranu bočnice, ale je nutno tento kroužek nasazovat tak, abychom dodrželi osovou vzdálenost pro uložení na rám stroje $L_t = 25$ mm. Kroužek pootočíme tak, aby poloha překrytí konců grafitové šňůry byla pokud možno v nejvyšší poloze z důvodu minimalizování ztráty maziva. Díry na kroužku pootočíme proti závitům v bočnici a pevně přišroubujeme čtyřmi šrouby k sobě. V provozních podmínkách se na tyto šrouby před zašroubováním nanese tekutý zajišťovač proti samovolnému vyšroubování (např. Loctite 243). V případě funkčního vzorku toto není nutností.

Dalším krokem montáže bylo usazení vnějšího spirálového kroužku do otvoru bočnice průměru 120 mm. Při montáži se použije přípravek (viz Obrázek 2.11) pro stažení vnějšího spirálového kroužku, nutný pro jeho snadné nasazení do otvoru bočnice. Do většího průměru tohoto přípravku se vloží vnější spirálový kroužek a postupným sklepáváním se stáhne a vysune o cca půl spirály směrem ven z přípravku na jeho

nejmenším rozměru. Následně se přípravek s částečně vysunutým kroužkem vloží do otvoru v bočnici a dalším postupným sklepáváním se kroužek přemístí do své pozice tak, až dosedne k vnitřnímu těsnicímu kroužku, který je již přišroubován k bočnici. Takto částečně smontovanou bočnici ze strany vnitřního těsnicího kroužku opatrně nasadíme na osazení válečku na průměr 68 mm. Váleček se umístí na dostatečně vysokou podložku tak, aby osazené konce byly volně přístupné pro montáž.

Nyní následuje montáž a usazení vnitřního spirálového kroužku na konec osazení válečku tj. Ø65 do vzdálenosti 50 mm od čela válečku. Postupujeme podobným způsobem, jako v případě nasazení vnějšího spirálového kroužku. Při montáži se použije přípravek (viz Obrázek 2.11) pro roztažení vnitřního spirálového kroužku, nutný pro jeho snadné nasazení na osazení válečku. Na menší průměr tohoto přípravku se nasadí vnitřní spirálový kroužek a postupným sklepáváním se roztáhne a vysune o cca půl spirály směrem ven z přípravku na jeho větším rozměru. Následně se přípravek s vysunutým kroužkem přiloží na konec osazení a dalším postupným sklepáváním se kroužek přemístí do své pozice na osazení válečku. Mezi oba namontované spirálové kroužky se volně vsune klec ložiska s valivými tělísky. Pro tuto část montáže je nutné dvou pracovníků. Jeden musí ručně nadzvedávat bočnici pro umožnění vsunutí klece. Mezi spirálovými kroužky a valivými tělísky je dostatečná vůle pro ruční montáž a není nutno žádného přípravku nebo větší síly.



Obrázek 3.14 Funkční vzorek před uzavřením vnějším těsnícím kroužkem

Z vnější strany bočnice nanese se do prostoru mazací tuk (Molyka pasta) a nakonec uzavřeme bočnici nasazením a přišroubováním vnějšího těsnícího kroužku. Stejně jako u vnitřního těsnícího kroužku tak i pro vnější těsnící kroužek se v provozních podmínkách používá tekutý zajišťovač.

Tento postup montáže je aplikován z obou stran válečku a tím je prakticky smontován celý posuvný váleček a po postavení na dosedací plochy bočnic je připraven k vyzkoušení.



Obrázek 3.15 Smontovaný funkční vzorek podávacího válečku



Nebo Obrázek 3.16 Smontovaný funkční vzorek podávacího válečku

4 TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Cílem této diplomové práce bylo vyrobit funkční vzorek uložení posuvných válečků, který bude splňovat technické parametry současného stavu a zároveň bude ekonomicky výhodnější variantou než nynější stav. Řešení, které je navrženo, zkonstruováno a je vyroben funkční vzorek, tento cíl po teoretické stránce splňuje, což dokazují následující ukazatele.

4.1 Technické zhodnocení

Navržené řešení zcela odstraňuje nutnost chlazení používaných ložisek kapalinou, což je nejčastější příčina poruch stávajícího zařízení. Tím se také zjednodušuje výroba bočnic, které jsou v současném řešení protkány vodícími kanálky chladicí kapaliny. Dále nejsou zapotřebí takzvané rotační spojky nutné pro prostup chladicí kapaliny ze stojící bočnice do rotujícího válečku. Až dojde k výměně vlastního posuvného válečku, nebude zapotřebí vrtat středový otvor $\varnothing 18,5$ mm přes celou délku válečku tj. 500 mm. Tato operace patří k nejsložitějším z hlediska výrobního času, tak pro nebezpečí zalomení nástroje (vrtáku) v otvoru. Také výměna opotřebovaných dílů, nebo celého posuvného válečku je technicky i časově nenáročná, toto se prokázalo při montáži funkčního vzorku.

Navržené řešení naproti tomu vyžaduje speciální ložiska, která nejsou běžně dostupná, byly vyrobeny dva kusy v prototypu. V případě skutečné výroby více kusů posuvných válečků pro zákazníka, bude výroba těchto ložisek probíhat v kooperaci a jejich cena bude výrazně větší než u současně používaných katalogových ložisek.

Problém navrženého řešení spočívá v nemožnosti vyzkoušet jej dlouhodobě ve skutečných provozních podmínkách hutního provozu, kdy vlivem vysoké teploty posunovaných kontisliček dochází k zahřátí všech součástí posuvného válečku. Takže nelze stanovit, zda zvolené vůle v ložiscích jsou správně navrženy. V případě skutečné výroby je nutno nejprve na jednom válečku problém ověřit a případně změnit některé rozměry navrženého ložiska.

4.2 Ekonomické zhodnocení

Ekonomický přínos nového řešení spočívá ve dvou úrovních. Za prvé v úspoře při výrobě posuvného válečku a jeho některých dílů u firmy Vránová a za druhé úspory při vlastním provozu v podniku ArcelorMittal Ostrava a.s.

Úspory firmy Vránová

Přesné a detailní vyčíslení úspor nebylo možno stanovit, protože cena za výrobu jednoho kusu funkčního vzorku je vyšší. Cenu spirálového ložiska, lze pouze odhadnout podle cen z roku 2013, kdy bylo nakupováno v menších rozměrech u firmy „BSL“. Vyjádření úspor je tedy odhadované.

	Původní provedení			Nové provedení			
	Počet kusů	Cena za kus	Cena celkem	Počet kusů	Cena za kus	Cena celkem	Poznámky
Váleček	1	17 720,-	17 720,-	1	15 890,-	15 890,-	bez otvoru Ø 18,5x500 mm
Bočnice	2	2 760	5 520,-	2	2 140,-	4 280,-	
Ložisko	2	1 380,-	2 760,-	2	4 500,-	9 000,-	odhad dle ceny z roku 2013
Rotační spojka	2	7 850,-	15 700,-	xxx	xxx	xxx	
Vnitřní těsnící kroužek	2	410,-	820,-	2	300,-	600,-	
Vnější těsnící kroužek	2	340,-	680,-	2	250,-	500,-	
Ostatní			1 000,-			500,-	spoj. mat., mazivo, montáž, hadice atd.
Cena celkem za kus			44 200,-			30 700,-	

Obrázek 4.1 Porovnání cenové kalkulace

Vyčíslené úspory firmy Vránová jsou cca 13 430,- Kč/ks pro nově navržené uložení posuvných válečků jsou v porovnání se stávající cenou 29,7 %.

Úspory podniku ArcelorMittal Ostrava a.s.

Tyto úspory nelze v současné době určit. Velikost těchto úspor vyplyne až při využití podávacích válečků v provozu.

ZAVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ

Cíl této diplomové práce - navržení a vyrobení funkčního vzorku bočního uložení posuvného válečku tak, aby splňoval minimálně stejné parametry jako dosud používané řešení a zároveň toto nové řešení bylo celkově jednodušší na výrobu a údržbu – **byl splněn**. Vzorový posuvný váleček byl vyroben, smontován a byla odzkoušena jeho funkčnost v dílenských podmínkách firmy Vránová. Praktickým využitím této diplomové práce bude její použití firmou Vránová pro získání zakázky při předpokládaném požadavku na změnu uložení posuvných válečků firmou ArcelorMittal Ostrava a.s.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Midol: *Soudečková ložiska*. [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupný z: <http://www.midol.cz/soudeckova-loziska>
- [2] Bolzano: *Přehled vlastnosti oceli 54SiCr6*. [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupný z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/pruzinove-oceli-pro-zuslechtovani-podle-csn-en-10089/prehled-vlastnosti-oceli-54sicr6>
- [3] Kuličky: *Chromová ocel pro valivá ložiska*. [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupný z: http://kulicky.wbs.cz/14_109.pdf
- [4] Bolzano: *Přehled vlastnosti oceli S355JO*. [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupný z: http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s355jo?searched=s355jo&advsearch=oneword&highlight=ajaxSearch_highlight+ajaxSearch_highlight1
- [5] Hennlich: *Uhlíková a grafitová vlákna*. [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupný z: <https://www.hennlich.cz/produkty/tesneni-ucpavkove-snury-uhlikova-a-grafitova-vlakna-375/icp-925.html>
- [6] Salixinternational: *Těsnící prvky*. [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupný z: http://www.tesniciprvky.cz/fotky12633/Katalog_ucpavkove_ry.pdf
- [7] Exvalos: *Plastová maziva*. [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupný z: <http://www.exvalos.cz/mazaci-tuky/mogul/>
- [8] Obex: *Hlavice mazací*. [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupný z: <http://obex.cz/hlavice-mazaci-m10x1-00-plocha>
- [9] Sestava původní konstrukce válečků od firmy SMS CONCAST
- [10] Příručka bolzano: *Přehled vlastností oceli*. [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupný z: http://prirucka.bolzano.cz/cz/technickapodpora/techprir/tycovaocel/EN10083/Prehled_vlast_42CrMo4/
- [11] VRÁNA L., *Bakalářská práce: Návrh výrobní dokumentace nového typu podávacích válečků*. Ostrava 2014, 56 s.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1	Dvouřadé soudečkové ložisko 22215 E/c3va210
Obrázek 1.2	Rotační spojka původní konstrukce podávacích válců
Obrázek 1.3	3D model původní konstrukce podávacích válců
Obrázek 1.4	Řez původní konstrukce podávacích válců
Obrázek 2.1	Řez válečku používaného spirálová ložiska do roku 2013
Obrázek 2.2	Schéma řezu spirálového ložiska a vnější spirálový kroužek
Obrázek 2.3	Chemické a technologické vlastnosti oceli 54SiCr6
Obrázek 2.4	Chemické a technologické vlastnosti oceli 100Cr6
Obrázek 2.5	Chemické a technologické vlastnosti oceli St52-3U
Obrázek 2.6	Řez původní bočnici s kanálky pro chlazení ložiska
Obrázek 2.7	Schéma nově navržené bočnice
Obrázek 2.8	Návrh konce hřídele vzorového válečku
Obrázek 2.9	Návrh vnitřního a vnějšího těsnícího kroužku
Obrázek 2.10	Mazací hlavice
Obrázek 2.11	Těsnící grafitová šňůra
Obrázek 2.12	Návrh přípravků pro montáž spirálových kroužků
Obrázek 2.13	Schéma použití přípravku pro montáž vnitřních spirálových kroužků
Obrázek 2.14	Schéma použití přípravku pro montáž vnějších spirálových kroužků
Obrázek 2.15	Chemické složení oceli 42CrMo4 [10]
Obrázek 2.16	Mechanické vlastnosti oceli 42CrMo4 [10]
Obrázek 2.17	Schéma zatížení válečku
Obrázek 3.1	Stroje a nástroje potřebné k výrobě podávacího válečku
Obrázek 3.2	Technologický postup výroby vnitřního spirálového kroužku
Obrázek 3.3	Technologický postup výroby vnějšího spirálového kroužku
Obrázek 3.4	Technologický postup výroby valivého tělíska
Obrázek 3.5	Spirálové ložisko
Obrázek 3.6	Technologický postup výroby bočnice
Obrázek 3.7	Bočnice
Obrázek 3.8	Technologický postup výroby vnějšího těsnícího kroužku
Obrázek 3.9	Technologický postup výroby vnitřního těsnícího kroužku

Obrázek 3.10	Vnější a vnitřní těsnicí kroužek
Obrázek 3.11	Technologický postup výroby konců hřídele
Obrázek 3.12	Opracované konce hřídele
Obrázek 3.13	Funkční vzorek před montáží
Obrázek 3.14	Funkční vzorek před uzavřením vnějším těsnicím kroužkem
Obrázek 3.15	Smontovaný funkční vzorek podávacího válečku
Obrázek 3.16	Smontovaný funkční vzorek podávacího válečku
Obrázek 4.1	Porovnání cenové kalkulace

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Sestava původního podávacího válečku [9] č. v.: 10'041'888
Příloha B	Sestava nového podávacího válečků č. v.: Vra0023 - 1
Příloha C	Váleček č. v.: Vra0023 – 1 – 01
Příloha D	Bočnice č. v.: Vra0023 – 1 – 02
Příloha E	Sestava spirálového ložiska, č. v.: Vra0023 – 1 – 03
Příloha F	Vnější kroužek spirálového ložiska č. v.: Vra0023 – 1 – 03 – 01
Příloha G	Vnitřní kroužek spirálového ložiska č. v.: Vra0023 – 1 – 03 – 02
Příloha H	Mezikruží spirálového ložiska č. v.: Vra0023 – 1 – 03 – 03
Příloha I	Valivé tělísko spirálového ložiska č. v.: Vra0023 – 1 – 03 – 04
Příloha J	Vnější těsnicí kroužek č. v.: Vra0023 – 1 – 04
Příloha K	Vnitřní těsnicí kroužek č. v.: Vra0023 – 1 – 05

Práce byla podpořena ze Studentské grantové soutěže Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava v rámci projektu SP2016/172 Vliv technologických parametrů na obrobený povrch a SP2016/174 Studium procesu obrábění progresivních materiálů s cílem zvýšit a podpořit vědecko-výzkumné aktivity studentů doktorských a magisterských studijních programů ve spolupráci s akademickými pracovníky.